



KORJAUSKOHTEN INVENTOINTIMALLIN LAATIMINEN

Opinnäytetyö

Tarja Ruotsalainen

Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennus- ja tuotesuunnittelu

Hyväksytty _____._____._____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka KUOPIO

Koulutusohjelma

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Tarja Ruotsalainen

Työn nimi

Korjauskohteen inventointimallin laatiminen

Työn laji

Insinöörityö

Päiväys

7.2.2011

Sivumäärä

62 + CD

Työn valvoja

Lehtori Ville Kuusela

Yrityksen yhdyshenkilö

Tuotekehityspäällikkö Osmo Miinalainen

Yritys

Savonia-ammattikorkeakoulu / TIRTA-hanke

Tiivistelmä

Tämän insinöörityön aiheena oli tutkia rakennuksen inventointimallin, eli olemassa olevan rakennuksen tietomallin, tuottamiseen liittyviä asioita, kuten mitä inventointimalliin kannattaa mallintaa ja millä tarkkuudella mallintaminen tulisi suorittaa. Tavoitteena oli tutkia, miten kohteessa suoritettujen mittausten perusteella saatuja mittaustuloksia, vanhoja 2D-piirustuksia, kohteesta otettuja valokuvia ja muita dokumentteja voidaan hyödyntää inventointimallia tehtäessä. Samalla tutkittiin Senaatti-kiinteistöjen *Tietomallivaatimukset 2007* -ohjeistuksen käyttökelpoisuutta. Työ tehtiin osana Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymän toteuttamaa *Tietomalli rakentamisessa ja talotekniikassa (TIRTA)* -projektia. Projektin tavoitteena on edistää alueellista tietomalliosaamista opiskelijoiden ja paikallisten yritysten keskuudessa.

Tutkimuskohteena käytettiin Savonia-ammattikorkeakoulun Tekniikan Kuopion yksikön laboratoriosiipeä (C-osa), josta tuotettiin vanhoihin dokumentteihin perustuva raakamalli sekä mittausaineistoon pohjautuva inventointimalli. Mallintaminen suoritettiin käyttäen *Autodesk Revit Architecture 2011* -ohjelmistoa.

Tutkimuksessa selvisi, kuinka tärkeää on, että inventointimallia tehtäessä käytettävissä on riittävät ja ajantasaiset lähtötiedot, kuten viimeisimmät kohteesta laaditut suunnitelma-asiakirjat sekä tarkka ja kattava mittaus- ja valokuva-aineisto. Olemassa olevaa tilannetta kuvaava ja todelliseen mittatietoon perustuva inventointimalli on hyvä lähtökohta korjaushankkeen suunnittelulle.

Avainsanat

Inventointimalli, tietomallintaminen, korjausrakentaminen

Luottamuksellisuus

Julkinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme

Construction Engineering

Author

Tarja Ruotsalainen

Title of Project

Creating As-Built Model of Existing Building

Type of Project

Final Project

Date

7 February 2011

Pages

62 + CD

Academic Supervisor

Mr Ville Kuusela, Lecturer

Company Supervisor

Mr Osmo Miinalainen, Project Manager

Company

Savonia University of Applied Sciences / TIRTA project

Abstract

The aim of this thesis was to study how to create a Building Information Model (BIM) of already existing building by using building measurement results, old 2D drawings, photos and other documents. It was also studied how the guide of BIM requirements of Senate Properties can be used in making the BIM model. This final year project was a part of the TIRTA project organized by Savonia University of Applied Sciences. The aim of the TIRTA project is to improve BIM modelling skills among students and local companies.

The building information model was made on the laboratory section of Savonia University of Applied Sciences at Opistotie. The laboratory section is about to be renovated, so the finished model can be utilized when designing the renovation. The BIM model was created by using *Autodesk Revit Architecture 2011* program.

The results of this thesis showed that to get the BIM model created accurately, there has to be enough initial data of the building. The model which represents accurately the existing building and which is based on the real measurement data is a good basis for designing future renovations.

Keywords

Building Information Model, Renovation

Confidentiality

Public

ALKUSANAT

Tämä työ tehtiin osana Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymän toteuttamaa *Tietomalli rakentamisessa ja talotekniikassa (TIRTA)* -projektia. Haluan kiittää projektissa mukana olleita lehtori Ville Kuusela ja TIRTA-projektin vastuuhenkilöä Osmo Miinalaista saamastani insinöörityön aiheesta ja työn ohjauksesta.

Lisäksi haluan kiittää Sillman Digital Oy:tä, jossa olen päässyt tutustumaan työni aiheeseen käytännön työelämässä, ja josta olen saanut luvan työssäni käytettävien pistepilvikuvien julkaisemiseen.

Erityiskiitos kuuluu myös vanhemmilleni, avopuolisolleni sekä ystäväilleni, joilta olen saanut tukea ja kannustusta opintojeni aikana.

Kuopiossa 7.2.2011

Tarja Ruotsalainen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	7
2	YLEISTÄ TIETOMALLINTAMISESTA.....	9
2.1	Mitä tietomallintaminen on?	9
2.2	Rakennushankkeen tietomallintamisen vaiheet	10
2.2.1	<i>Vaatusmalli</i>	10
2.2.2	<i>Inventointimalli</i>	11
2.2.3	<i>Tilamalli</i>	11
2.2.4	<i>Alustava rakennusosamalli</i>	12
2.2.5	<i>Rakennusosamalli</i>	13
2.2.6	<i>Tuoteosamalli</i>	14
2.2.7	<i>Yhdistelmämalli</i>	15
2.2.8	<i>Toteumamalli</i>	15
2.2.9	<i>Ylläpitomalli</i>	16
2.3	Tietomallintamisesta saatavat hyödyt	16
2.4	Tietomallintamisessa ilmenevät ongelmat	18
2.5	IFC-tiedonsiirto	20
3	KORJAUSKOHTTEEN TIETOMALLINTAMINEN.....	21
3.1	Korjausrakentamisen nykytilanne	21
3.2	Tietomallien käyttö korjausrakennushankkeissa	21
3.3	Senaatti-kiinteistöjen korjauskohteita koskevat tietomallivaatimukset	22
3.4	Mitä mallinnetaan ja millä tarkkuudella?	24
3.5	Lähtötietojen kerääminen.....	26
3.6	Rakennuksen mittaaminen	26
4	TUTKIMUSKOHDE	29
4.1	Lähtötiedot mallinnettavasta kohteesta.....	29
4.2	Kohteessa suoritettut mittaukset.....	29
4.3	Käytetyt tietokonesovellukset.....	31
4.3.1	<i>Autodesk Revit Architecture 2011</i>	31
4.3.2	<i>AutoCAD Architecture 2010</i>	33

5	MALLINTAMINEN VANHOJEN 2D-PIIRUSTUSTEN POHJALTA..	35
5.1	Mallintaminen sähköisessä muodossa olevien piirustusten avulla.....	35
5.2	Mallintaminen paperimuodossa olevien piirustusten avulla	37
6	MALLINTAMINEN LASERSKANNATUN MITTAUSAINOSTON POHJALTA.....	40
7	INVENTOINTIMALLIN SISÄLTÖ JA MALLINTAMISEN TARKKUUS	44
7.1	Perustukset.....	44
7.2	Alapohjat.....	45
7.3	Runko	45
7.3.1	<i>Kantavat seinät.....</i>	<i>45</i>
7.3.2	<i>Pilarit ja palkit</i>	<i>46</i>
7.3.3	<i>Väli- ja yläpohjat.....</i>	<i>47</i>
7.4	Julkisivut	48
7.4.1	<i>Ulkoseinät</i>	<i>48</i>
7.4.2	<i>Ikkunat ja ulko-ovet</i>	<i>50</i>
7.5	Vesikatot	52
7.6	Tilan jako-osat, tilapinnat ja muut tilaosat	52
8	TULOKSET JA POHDINTA.....	55
8.1	Korjauskohteen tietomallintamisen hyödyt ja mahdolliset ongelmat	55
8.2	Senaatti-kiinteistöjen ohjeen käyttökelpoisuus.....	56
8.3	3D-mittausaineiston hyödynnettävyys.....	57
	LÄHTEET	61

1 JOHDANTO

Rakennusallalla on vasta tällä vuosituhannella alettu siirtyä perinteisestä kaksiulotteisesta viivapiirrosta tietokoneavusteiseen kolmiulotteiseen oliopohjaiseen suunnitteluun. Esimerkiksi koneteollisuudessa kolmiulotteista mallintamista on hyödynnetty jo paljon pidempään. Rakennuksen mallintamisella on huomattavia etuja tavanomaiseen viivapiirtoon verrattuna. Mallin avulla muutosten tekeminen suunnitelmiin nopeutuu ja suunnitelmien havainnollistaminen sekä niiden yhteensopivuuden tarkastaminen helpottuu. Jo hankesuunnitteluvaiheessa vaihtoehtoisten ratkaisujen luonnostelu käy nopeammin ja niiden hahmottaminen ja keskinäinen vertailu on vaivattomampaa kolmiulotteisuutensa ansiosta.

Tähän mennessä mallipohjaista suunnittelua on käytetty pääasiassa uudisrakennuskohteissa. Mallintamisesta saatavat hyödyt olisi kuitenkin järkevää huomioida myös korjausrakentamisessa, ja tietomallien käyttö korjausrakennushankkeissa lisääntykin jatkuvasti. Esimerkiksi valtion kiinteistövarallisuuden hallinnasta huolehtiva Senaatti-kiinteistöt on alkanut vaatia mallipohjaista suunnittelua projekteissaan 1.10.2007 alkaen. Vaatimus koski aluksi ainoastaan arkkitehtisuunnittelua tavanomaisissa projekteissa, mutta vuonna 2009 mallinnusvaatimus laajennettiin koskemaan kaikkia suunnittelualoja. Vaatimus kohdistuu kaikkiin uudis- ja korjausrakentamiskohteisiin. Mallinnusvaatimuksen ulkopuolelle jäävät ainoastaan kohteet, joissa mallintamisesta ei ole vastaavaa hyötyä.

Tämä työ tehdään osana Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymän toteuttamaa *Tietomalli rakentamisessa ja talotekniikassa (TIRTA)* -projektia. Projektin tavoitteena on edistää alueellista tietomalliosaamista niin opiskelijoiden kuin paikallisten yritystenkin keskuudessa. TIRTA-projekti on Euroopan sosiaalirahaston (ESR), Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) sekä paikallisten kumppaniyrityksien ja toteuttaja-ammattikorkeakoulujen rahoittama.

Työssä keskitytään tutkimaan inventointimallin eli olemassa olevan rakennuksen tietomallin tuottamiseen liittyvää problematiikkaa, muun muassa mitä inventointimalliin kannattaa mallintaa ja millä tarkkuudella mallintaminen tulisi suorittaa. Inventointimallin laadintaa tutkitaan arkkitehdin näkökulmasta ja tutkimuksessa keskitytään nimenomaan rakennuksen geometrian mallintamiseen. Mallintamisessa käytetään apuna Senaatti-kiinteistöjen laatimaa *Tietomallivaatimukset 2007* -ohjeistusta ja samalla tutkitaan ohjeen käyttökelpoisuutta. Työssä tutkitaan myös, miten kohteesta kerättyä mitta-

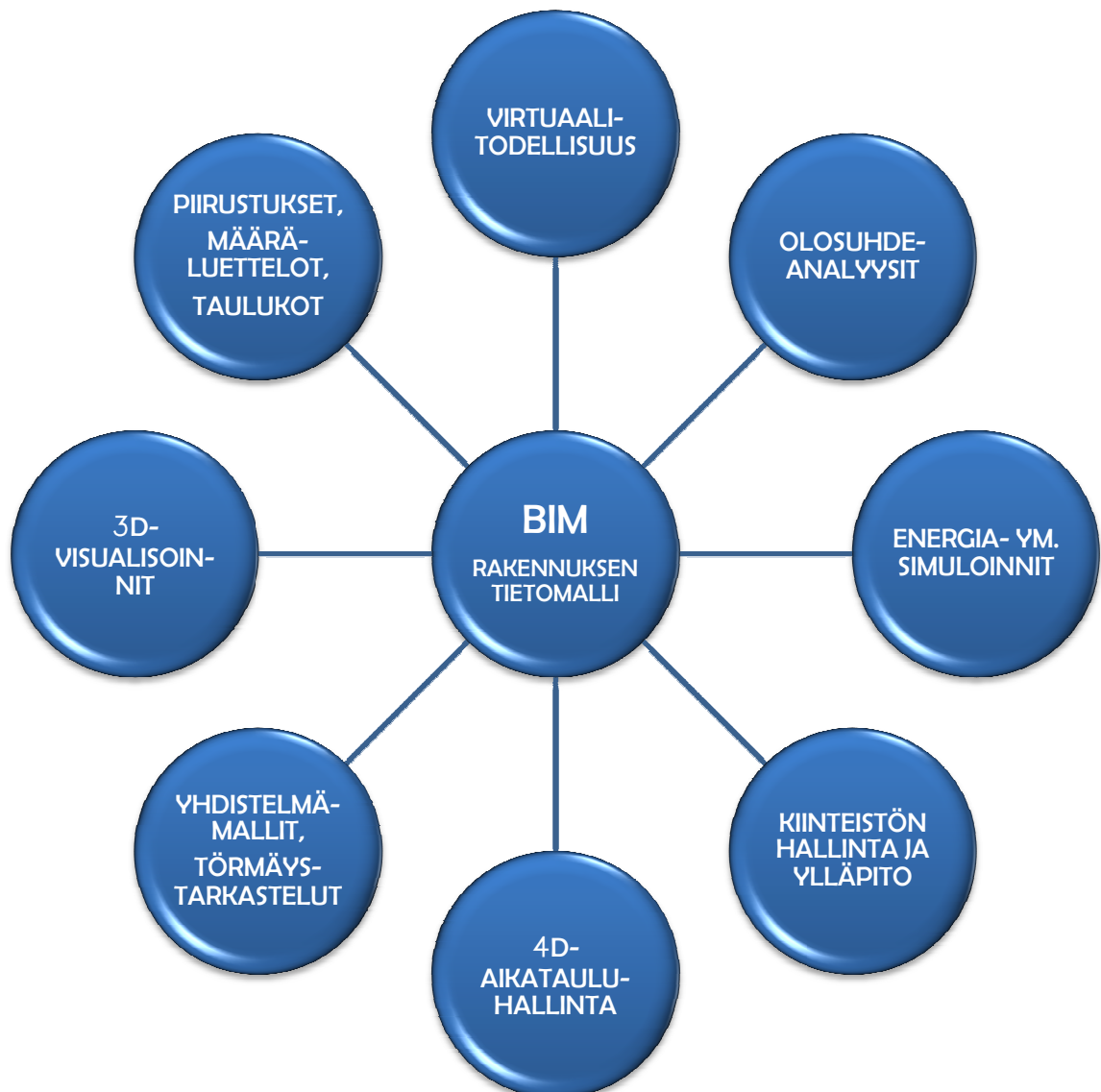
usaineistoa, vanhoja 2D-piirustuksia ja kohteesta otettuja valokuvia pystytään hyödyntämään inventointimallin tuottamisprosessissa.

Työssä mallinnetaan olemassa oleva rakennuskohde *Autodesk Revit Architecture*lla ensiksi pelkkiin vanhoihin piirustuksiin pohjautuen, jonka jälkeen sama kohde mallinnetaan käyttäen apuna vanhojen dokumenttien lisäksi kohteesta kerättyä mittausaineistoa. Eri menetelmiä ja lähtöaineistojen hyödyntämistapoja vertaillaan keskenään ja pyritään löytämään niihin liittyvät vahvuudet ja heikkoudet.

2 YLEISTÄ TIETOMALLINTAMISESTA

2.1 Mitä tietomallintaminen on?

Rakennuksen tietomalli (Building Information Model, BIM) sisältää perinteisten kaksiulotteisten pohja-, leikkaus- ja julkisivupiirrosten lisäksi rakennuksen kolmiulotteisen geometrian. Kolmiulotteisuutensa ansiosta rakennuskohdetta on paljon helpompi havainnollistaa niin asiakkaille, toisille suunnittelijoille kuin rakennusmiehillekin. Kolmiulotteisen muodon lisäksi tietomalliin voidaan sisällyttää tietoa rakennusosien rakennetyypistä, materiaaleista, ainevahvuuksista ja muista ominaisuuksista, kuten U-arvoista, palonkestoajoista jne. Tietomalliin voidaan sisällyttää myös rakennushankkeen rakennusaikaista aikataulutietoa ja sen avulla voidaan muodostaa esimerkiksi kustannus-, määrä- ja energialaskelmia sekä erilaisia stimulaatioita.



Kuva 1. Rakennuksen tietomalli (BIM)

Tietomallintaminen perustuu oliopohjaiseen suunnitteluun. Oliot eli objektit ovat tietomallin perusyksiköitä, jotka kuvaavat eri rakennusosia ja sisältävät niihin liittyvää tietoa. Jokaisella oliolla on kuvaamaansa rakennusosaa vastaavia ominaisuuksia ja muutettavissa olevia parametreja, joilla saadaan säädeltä muun muassa objektin mittoja ja materiaaleja. Oliolle on myös ennalta määriteltä tiettyjä tapoja, joilla niiden kuuluu liittyä toisiin objekteihin. Perusesimerkkinä oliosta voidaan käyttää ikkuna-objektia, jolle on määriteltä ennalta ikkunalle luonteenpiirteisiä ominaisuuksia, kuten valoaukko, karmit, ikkunan muoto, materiaalit ja esimerkiksi, kuinka ikkunaobjekti piirtyy 2D-kuviin. Objektiin sisältyy huomattava määrä parametreja, joita muuttamalla ikkuna saadaan vastaamaan toivottuja ominaisuuksia. Ikkunaobjektiin on myös määriteltä, miten sen tulee käyttäytyä liitettäessä se seinäobjektiin ja päinvastoin.

Rakennuksen tietomallin pääasiallinen tavoite on toimia rakennuksen koko elinkaaren aikaisten tietojen tallennuspaikkana. Ihanteellisinta olisi että mallia ei käytettäisi ainoastaan rakennushankkeen suunnittelun aikaisena työkaluna, vaan koko rakennushankkeen läpi viemisessä aina hankesuunnittelusta rakennuksen käyttöön ja edelleen sen ylläpitoon. Ajantasainen malli, johon on päivitetty rakennusaikaiset ja rakennuksen käytön aikaiset muutokset, on hyvä lähtökohta esimerkiksi tulevien korjaus- ja muutostöiden suunnittelulle.

2.2 Rakennushankkeen tietomallintamisen vaiheet

Rakennushankkeen alussa on määriteltävä eri suunnittelijoiden tietomalleja koskevat vaatimukset. Tietomalliyhteistyön onnistumiseksi määritellään yksiselitteisesti, mitä kunkin osapuolen mallin tulee sisältää missäkin suunnitteluvaiheessa, mitä ohjelmistoversioita käytetään ja mitä tietoa eri mallien välillä siirretään. Tietomallipohjaisessa suunnitteluprosessissa tarvitaan myös henkilö, joka valvoo, että yhteisiä mallinnusohjeita noudatetaan.

2.2.1 Vaatimusmalli

Rakennushanke aloitetaan aina tarveselvityksellä, oli sitten kyseessä uudis- tai korjausrakennushanke. Tarveselvityksen tavoitteena on hankkeen tavoitteiden määrittely sekä toiminta- ja kiinteistöstrategian laatiminen. Tarveselvitysvaiheessa suoritetaan nykytila-analyysi, kartoitetaan tulevaisuuden tarpeita ja vertaillaan eri toimintavaihtoehtoja. Hankkeelle määritellään myös laatu-, laajuus- ja kustannustavoitteet sekä hankkeen alustava aikataulu. Tarveselvityksen lopputuloksena syntyy hankepäätösesitys sekä alustava tilaohjelma. [1] Tässä vaiheessa puhutaan ns. vaatimusmallista. Jos

kyseessä on korjausrakennuskohde, kohteesta tehty inventointimalli olisi erittäin käytökelpoinen työkalu tarveselvitysvaiheessa.

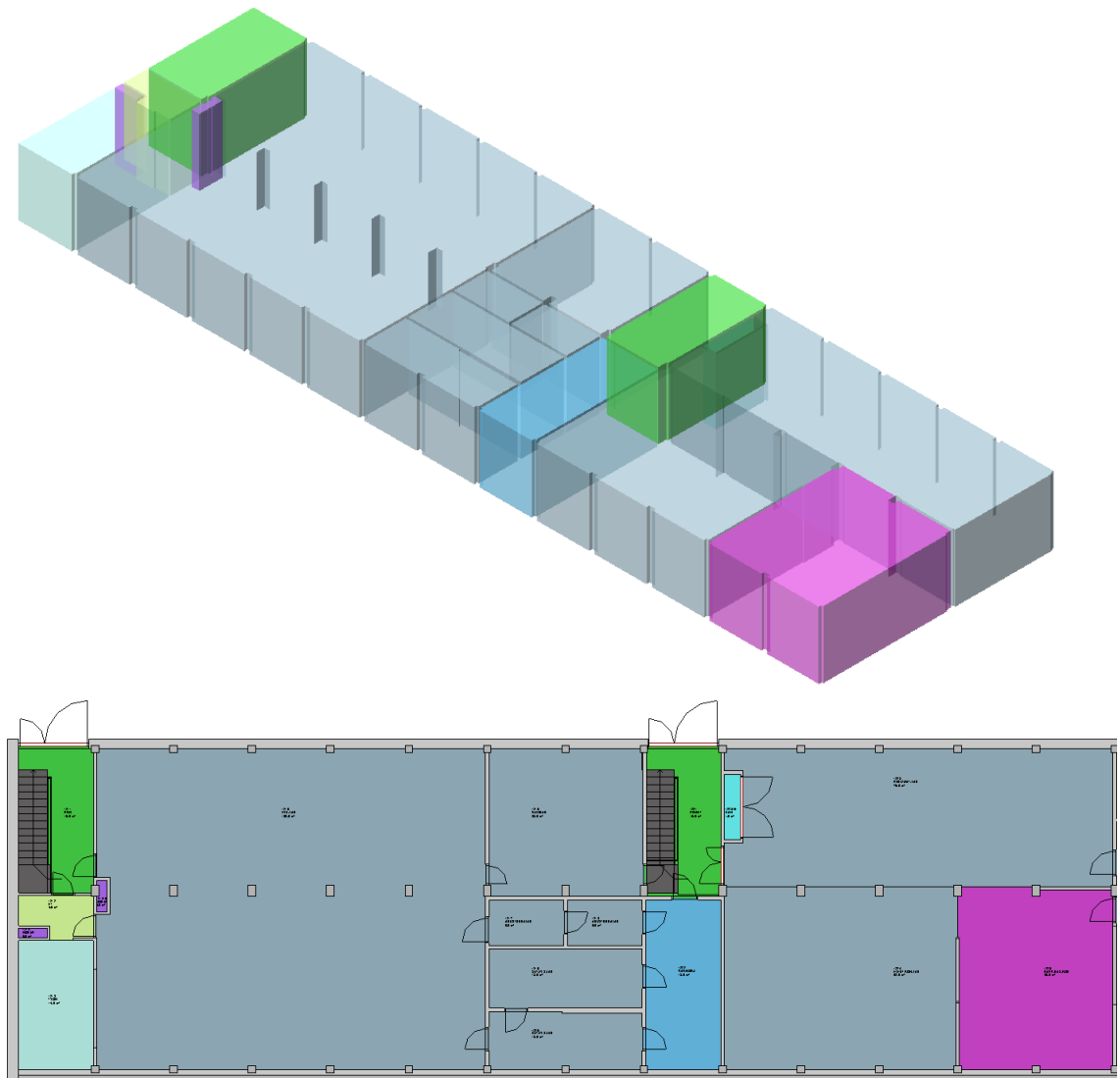
2.2.2 Inventointimalli

Korjausrakennuskohteen suunnittelua varten tuotetaan olemasta olevasta rakennuksesta inventointimalli. Inventointimalliin sisällytetään tiedot kyseisestä rakennuksesta, tontista ja mahdollisesti tontilla sijaitsevista muista rakennuksista. Inventointimalli voidaan tuottaa kohteessa suoritettavien mittausten, kohteesta otettujen valokuvien, vanhojen piirustusten ja muiden dokumenttien pohjalta. Mallin tarkkuustaso ja sisältövaatimukset riippuvat täysin kohteen luonteesta, muun muassa historiallisesti arvokkaat rakennukset voidaan vaatia mallintamaan hyvinkin yksityiskohtaisesti.

2.2.3 Tilamalli

Tarveselvitysvaiheen lopuksi tehdyn hankepäätyksen jälkeen alkaa hankesuunnitteluvaihe. Hankesuunnittelussa asetetaan rakennushankkeelle yksityiskohtaiset laatu-, laajuus-, kustannus- ja ylläpitotavoitteet sekä määritellään hankkeelle tarkennettu tavoiteaika- ja tilaohjelma. Lisäksi määritellään hankkeen toteutustapa, rakennuksen toiminnalliset ja arkkitehtoniset vaatimukset, tilaohjelma sekä tilojen erityisvaatimukset. Tässä vaiheessa laaditaan myös hankkeen kokonaisbudjetti. [1] Arkkitehti laatii kohteesta tilaohjelman eli tilamallin sekä mahdollisia visualisointeja ja massamalleja, jotka voidaan upottaa tulevastakin rakennusympäristöstä otettuihin valokuviiin [2]. Näin voidaan tarkastella rakennuksen sijaintia sekä sen soveltumista ympäristöönsä ja muuhun rakennuskantaan nähden.

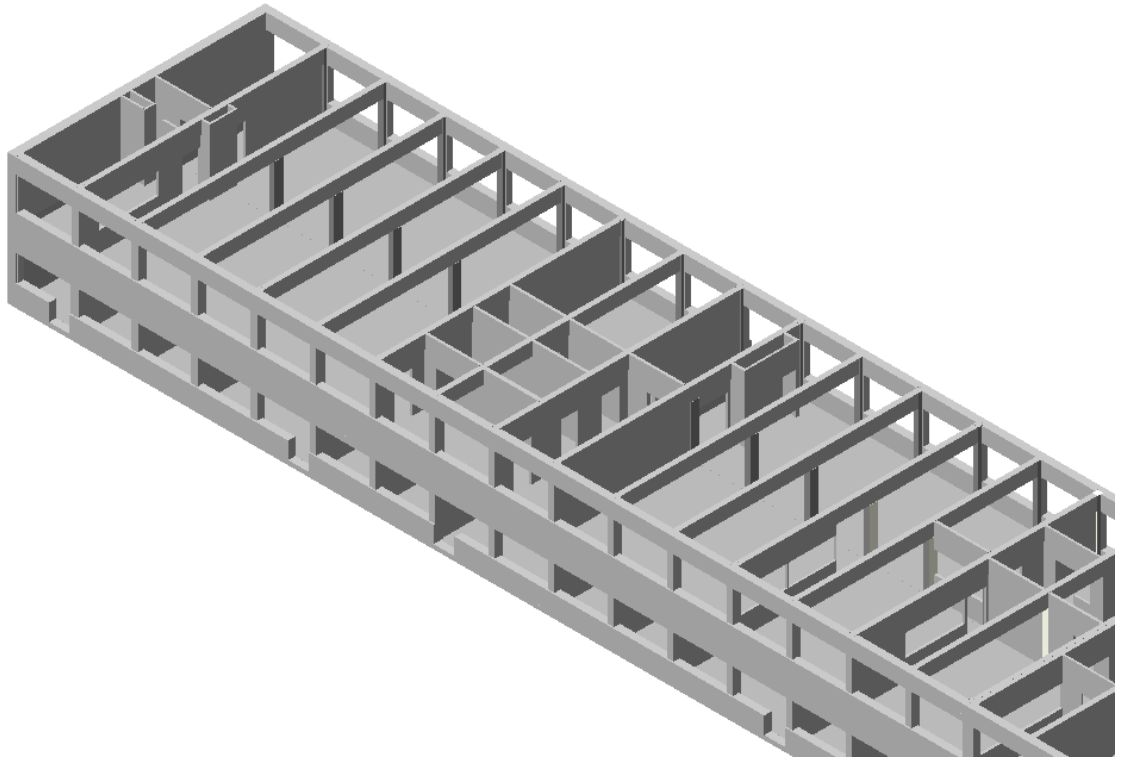
Suunnittelun painopistettä tulisi siirtää enemmän hankesuunnitteluvaiheeseen, sillä tässä vaiheessa määräytyvät hyvin pitkälti rakennushankkeen lopulliset kokonaiskustannukset. Tietomallien avulla kohteesta saadaan tuotettua erilaisia energia-, kustannus- ja elinkaarianalyseja. Lisäksi vaihtoehtoisten ratkaisujen luonnostelu ja havainnollistaminen sekä niiden keskinäinen kustannusvertailu on suhteellisen nopeaa tehdä. [2]



Kuva 2. Rakennuksen tilamalli ja sitä vastaava pohjapiirros

2.2.4 Alustava rakennusosamalli

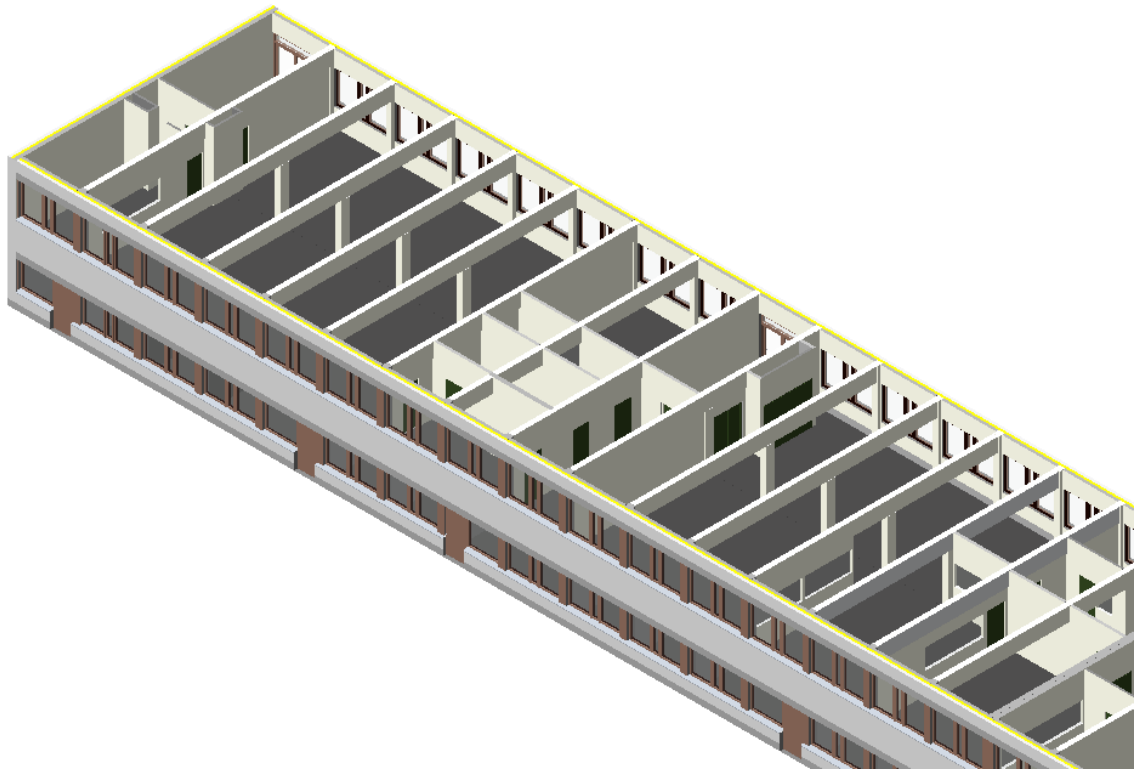
Hankesuunnittelun perusteella tehdyn investointipäätöksen jälkeen alkaa varsinainen rakennussuunnittelu. Luonnossuunnitelmista jatkokäsittelyyn valitun suunnitelman pohjalta laaditaan alustava rakennusosamalli, joka on edelleen luonnosmainen. Rakennusosat mallinnetaan käyttäen kunkin rakennusosan mallintamiseen tarkoitettua työkalua, mutta rakenteiden liitoksiin ja rakennetyyppeihin ei vielä kiinnitetä tarkemmin huomiota. Alustavaan rakennusosamalliin sisällytetään muun muassa ovien, ikkunoiden ja portaiden vaatimat aukotukset. Mallin tarkkuus ja visualisointien tarve määräytyvät hankekohtaisesti, esimerkiksi rakennuksen julkisivun arkkitehtoninen ilme saatetaan joutua esittämään jo tässä vaiheessa hyvinkin tarkasti. [2]



Kuva 3. Alustava rakennusosamalli

2.2.5 Rakennusosamalli

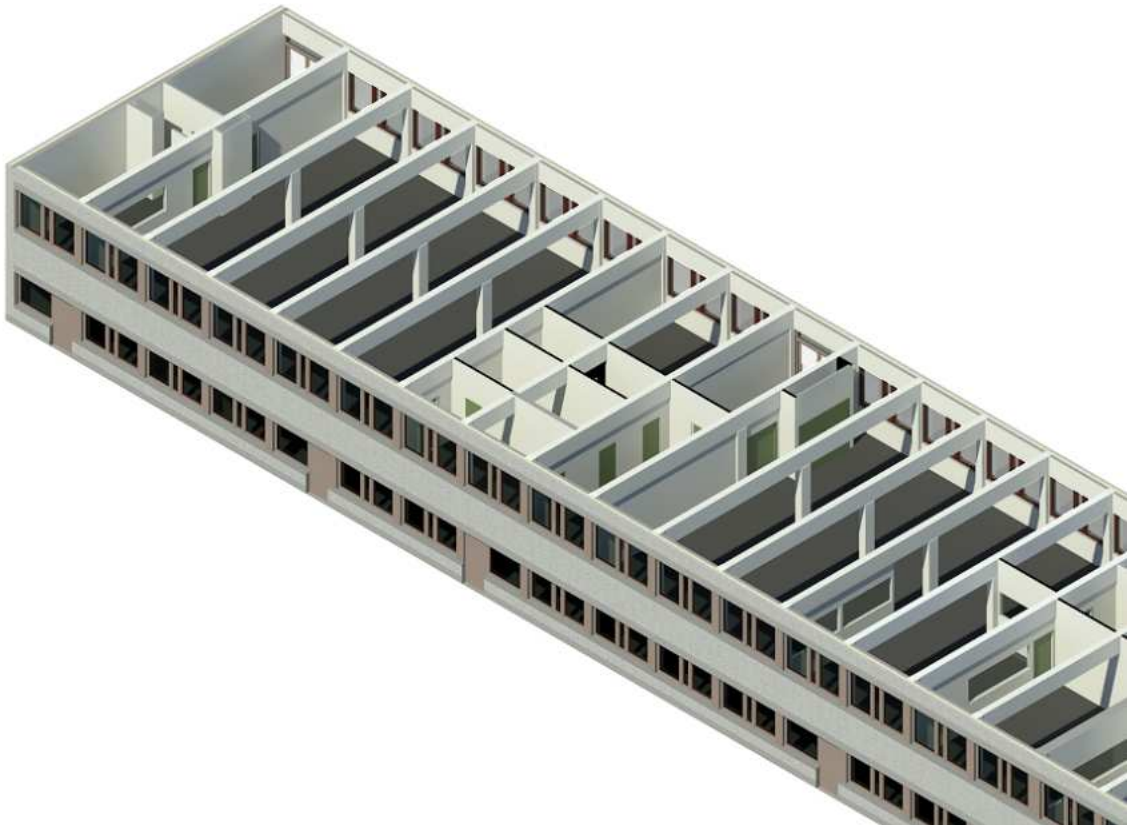
Alustava rakennusosamalli jalostetaan edelleen rakennusosamalliksi, jossa rakennusosia koskevat tiedot täsmentyvät. Rakennusosille valitaan vaatimukset täyttävät rakennetyypit, mutta rakennusosan toimittajan ei vielä tarvitse olla tiedossa. Ovet ja ikkunat voidaan esittää käyttäen mallinnusohjelman tarjoamia perusobjekteja, samoin kiintokalusteet voidaan esittää hyvin yleisellä tasolla. Rakenteiden liittymät pyritään esittämään mahdollisimman oikein, mutta ohjelmateknisistä syistä tämä ei aina ole mahdollista ja detaljipiirustukset joudutaan ainakin vielä tässä vaiheessa usein tekemään erikseen. Rakennusosamalli vastaa nykyistä toteutussuunnittelua. [2]



Kuva 4. Rakennusosamalli

2.2.6 Tuoteosamalli

Suunnitelmien edelleen tarkentuessa rakennusosamalli päivitetään tuoteosamalliksi, josta käyvät yksiselitteisesti ilmi rakennusosien ominaisuudet ja rakennetyypit sekä niiden toimittaja. Kaikkiin rakennusosiin, kalusteisiin, varusteisiin ja laitteisiin liitetään niiden toimittajakohtaiset tiedot. Mallissa voidaan käyttää myös suoraan tuotteen valmistajalta saatavia komponentteja, jos ne ovat yhteensopivia mallin kanssa. [2]



Kuva 5. Tuoteosamalli

2.2.7 Yhdistelmämalli

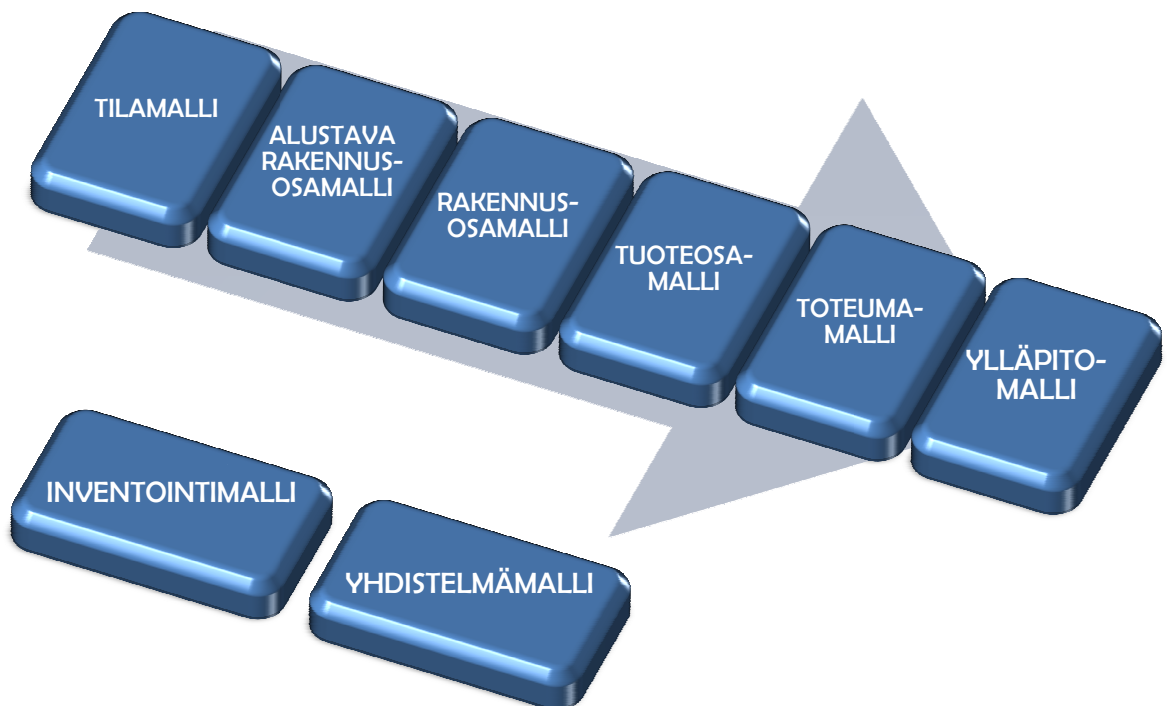
Eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensopivuuden tarkastamiseksi rakennuskohteesta tuotetaan yhdistelmämalli. Yhdistelmämallissa on yhdistettynä eri suunnittelijoiden, kuten rakennus-, LVI- ja sähkösuunnittelijan tuottamat mallit. Yhdistelmämallien avulla suoritetaan rakennusosien törmäystarkastelua ja varmistetaan, että asennukset sopivat niille varattuihin tiloihin.

2.2.8 Toteumamalli

Rakennuksen tietomalli päivitetään lopullisesti rakennustyön aikana ja sen jälkeen vastaamaan toteutunutta tilannetta. Tällöin puhutaan toteumamallista. Usein arkkitehdin toteutussuunnitelma vastaa rakennusosamallia, josta puuttuvat tuotevalmistajatiedot, joten viimeistään tässä vaiheessa malliin on hyvä päivittää rakennusosien toimittajien antamat yksityiskohtaiset tiedot tuotteistaan. [2]

2.2.9 Ylläpitomalli

Paras hyöty tietomallista saadaan, kun sitä pidetään yllä rakennuksen käytön aikana ja rakennuksessa toteutettavien korjaus- ja muutostöiden yhteydessä. Tällöin malliin päivitetään kohteessa tehdyt muutokset rakennuksen historiatietoja hävittämättä. Kyseessä on siis rakennuksen ylläpitomalli. Rakennuksen koko elinkaaren aikaisten tietojen päivittäminen malliin auttaa kiinteistönpidossa sekä suunniteltaessa tulevia ylläpito-, muutos- ja korjaustoimenpiteitä.



Kuva 6. Tietomallintamisen vaiheet

2.3 Tietomallintamisesta saatavat hyödyt

Tietomallipohjaisessa suunnittelussa voidaan tulevaa rakennuskohdetta tarkastella aivan uudelta tasolta jo luonnossuunnitteluvaiheessa. Rakennuksen esittäminen 3D-muodossa antaa hankkeen osapuolille huomattavasti selkeämmän kuvan rakennuksen koosta, tiloista ja arkkitehtonisesta ilmeestä kuin tarkasteltaessa vastaavasti pelkkiä tasopiirustuksia. Etenkin tilaajalle kokonaisuuden hahmottaminen on helpompaa, mikä nopeuttaa päätöksentekoa. Eri suunnitelmavaihtoehtojen vertailun tueksi on myös mahdollista tuottaa jo hyvin aikaisessa vaiheessa erilaisia analyyseja tulevan rakennuksen toiminnallisuudesta ja kustannuksista. Näin ollen tietomallien avulla helpote-

taan asiakkaan päätöksentekoa ja pyritään löytämään teknisesti ja taloudellisesti edullisin vaihtoehto hankkeen toteuttamiselle.

Tietomallien käytöstä on myös huomattavaa etua määrä- ja kustannuslaskennassa. Tietomalleista saadaan suoraan ajantasaiset ja tarkat määrätiedot, vaikkakin tietokonesovellusten tekemät laskelmat on silti aina syytä tarkistaa. Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa virhemarginaali kuitenkin pienenee oleellisesti verrattuna käsin laskentaan, jossa huolimattomuusvirheet saattavat kostautua ratkaisevasti, kun esimerkiksi jokin asia lasketaan vahingossa kahteen kertaan.

Suunnittelun osalta tietomallien käyttöönotto muuttaa työskentelymenetelmiä merkittävästi. Enää ei piirretä pelkkiä viivoja, vaan rakennetaan kolmiulotteista virtuaalirakennusta. Pohja- leikkaus- ja julkisivupiirustuksia ei tarvitse enää tehdä erillisinä, vaan kaikki piirustukset saadaan tuotettua suoraan mallista halutusta kohdasta. Kaikki suunnittelutieto tallennetaan yhteen paikkaan, mikä helpottaa tiedonhallintaa ja -päivitetävyyttä. Muuttuva tieto päivittyy kerralla kaikkiin tietomallin näkyymiin sekä siitä saataviin piirustuksiin, taulukoihin ja laskelmiin, joten muutostenhallinta on huomattavasti nopeampaa ja vaivattomampaa verrattuna perinteiseen 2D-suunnitteluun. Tiedon tallentaminen yhteen paikkaan vähentää myös virheellisen ja vanhentuneen tiedon käyttöä.

Tietomallintamiseen soveltuvilla ohjelmistoilla on mahdollista tuottaa suunnitelmien tueksi muun muassa energia-, valaistus-, olosuhde-, kustannus- ja paloturvallisuusanalyyssejä sekä esteettömyystutkimuksia. 3D-muotoiset suunnitelmat ovat hyvin havainnollisia ja niiden avulla suunnitteluvirheet vähenevät oleellisesti. Yhdistelmämallien avulla voidaan suorittaa eri suunnitelmien välisiä törmäystarkasteluja, mikä helpottaa erityisesti LVIS-asennusten sovittamista rakennukseen. Näin ollen varmistetaan suunnitelmien laadukkaampi lopputulos, kun suunnitelmien puutteellisuudet ja ongelmakohdat havaitaan hyvissä ajoin ja ne pystytään korjaamaan ennen työmaavaihetta.

Tehtäessä suunnitelmia mallintamalla, suunnittelun ajankäyttö tehostuu lukuisten aikaa vievien työvaiheiden poistuessa. Tietomallien avulla edistetään myös eri suunnittelijoiden välistä yhteistyötä, sillä kommunikointi osapuolten välillä helpottuu ja yhteiskäytössä olevien tietokantojen myötä kaikilla on saatavilla sama ajantasainen tieto. Suunnittelun ohjaus helpottuu, kun pystytään selkeästi havainnollistamaan mistä ollaan puhumassa. Lisäksi mallipohjainen suunnittelu on suunnittelijan kannalta mielekkäämpää, sillä työn tulokset ovat jatkuvasti nähtävillä ja ne konkretisoituvat mallin noustessa tietokoneen näytölle.

Työmaalla tietomalleja voidaan käyttää apuna rakentamisen vaiheistuksen ja aikataulun suunnittelussa sekä rakennustöiden edistymisen seurannassa. Liitettäessä tietomalliin aikataulutietoa, puhutaan 4D-mallista. 4D-aikatauluhallinnan avulla malliin voidaan liittää tietoa muun muassa rungon asennusjärjestyksestä sekä asennustöiden suunnitellusta ja toteutuneesta aikataulusta. Eri osapuolien aikataulujen yhteensovittaminen käy helpommin, kun rakennustyön vaiheistus on selkeästi nähtävillä ja mahdolliset päällekkäisyydet huomataan ajoissa. Mallista saatavilla 2D- ja 3D-tulosteilla voidaan havainnollistaa asennuksia työmiehille, mikä vähentää työvirheitä.

Päivittämällä suunnitteluvaiheessa tuotettu malli vastaamaan rakennusvaiheen jälkeistä toteutunutta tilannetta, ja edelleen ylläpitämällä sitä rakennuksen käytön aikana, malli on hyödynnettävissä kiinteistönhallinnassa ja -ylläpidossa sekä suunniteltaessa tulevia muutos- ja korjaustoimenpiteitä. Kohteen rakennusosakohtaiset tiedot on helpposti tarkistettavissa ajantasaisesta mallista.

Rakennuskohteen markkinointia ajatellen tietomallin visualisointiominaisuudet antavat kohteen esittelylle huomattavaa lisäarvoa. Asunnon tai liiketilan ostajaehdokkaat kiinnostuvat varmasti enemmän nähdessään rakenteilla olevan kohteen kolmiulotteisesti esitettynä, kuin jos tarkasteltavana olisi ainoastaan huoneiston pohjapiirros. Taidokkaasti tehty malli ja siitä renderöidyt näkymät valaistuksineen ja kalusteineen antavat todentuntuisen kuvan tilasta, jolloin asiakas on varsin tietoinen siitä, mitä hänelle ollaan tarjoamassa.

2.4 Tietomallintamisessa ilmenevät ongelmat

Tietomallintamiseen soveltuviissa ohjelmistoissa ja eri ohjelmistojen välisessä tiedonsiirrossa on vielä paljon kehitettävää. Rakennusosien keskinäisten liitoksien onnistuminen halutulla tavalla ei ole aina itsestään selvää, ja oman haasteensa mallintamiselle luovat myös geometrialtaan erikoiset ja esimerkiksi kaarevat sekä vinot rakennusosat. Läheskään kaikkia mallintamisessa tarvittavia komponentteja ei ole valmiina saatavilla tai niitä on vielä hyvin niukasti. Näin ollen yrityksissä joudutaan luomaan tarvittavia komponentteja itse, mikä saattaa olla alkuvaiheessa hyvinkin työlästä. Julkisessa käytössä olevat rakennusobjekti-kirjastot kuitenkin laajenevat koko ajan mallintamisen kehittyessä, samoin tuotevalmistajat ovat heränneet mallintamaan omia tuotteitaan suunnittelun käyttöön.

Mallista otettuja detajli- ja leikkauspiirustuksia täytyy yleensä muokata ja hienosäätää vielä käsin. Piirustuksiin joudutaan lisäilemään tekstejä ja muita merkintöjä, jotka eivät

kommunikoi tietomallin kanssa. Tällaisten merkintöjen tiedot täytyy päivittää manuaalisesti, mikä saattaa helposti unohtua suunnitelmia muutettaessa, jolloin piirustuksiin jää vanhaa tietoa.

Suurin ongelma kuitenkin ilmenee yleensä siirrettäessä mallia suunnittelijalta toiselle, ja yritettäessä avata sitä jollakin toisella ohjelmistolla. Esimerkiksi arkkitehdin tekemän mallin avaaminen sähkösuunnittelijan ohjelmistolla ilman, että mitään komponentteja häviää, on vielä lähinnä toiveajattelua. Tämän ongelman poistamiseksi rakennusalalla kehitetään jatkuvasti yleistä ohjelmistoriippumatonta tiedonsiirtostandardia.

Useat rakennusalan tietomallinnusohjelmistot tulevat muualta kuin Suomesta, joten mallintamista rajoittavat ainakin jossain määrin suomenkielisten ohjelmistoversioiden puuttuminen. Monet ohjelmien tarjoamat käytännölliset työkalut saattavat jäädä hyödyntämättä ainoastaan sen takia, ettei ymmärretä miten niitä tulisi käyttää, koska ohjeistusta ei ole saatavana omalla äidinkielellä. Myös ohjelmistojen käyttämät parametrit, mittajärjestelmät, ainemerkinnät ja symbolit voivat erota kussakin maassa totutuista käytännöistä, jolloin niitä joudutaan muokkaamaan tai niiden tilalle joudutaan tekemään kokonaan uusia. Esimerkiksi *Autodesk Revit Architectureen* on saatavilla jo melko pitkälle jalostetut kotimaiset aloituspohjat.

Haasteita tietomallintamisen käyttöönotolle asettavat myös itse yritykset ja suunnittelijat. Uusia työkaluja otetaan vastahakoisesti käyttöön, koska ne tuovat muutoksia totuttuihin tapoihin ja niiden käytön opettelu on työlästä. Tietomallipohjaiseen työskentelyyn siirtyminen nostaa aluksi kustannuksia, kun joudutaan hankkimaan uudet ohjelmistot ja kouluttamaan työntekijöitä. Kokonaan uuden työskentelytavan omaksuminen vaatii paljon aikaa ja oppimishaluja.

Koska rakennusalalla tietomallien käyttö on suhteellisen uusi ilmiö, mallintamisen osaamisen taso on vielä tässä vaiheessa melko vähäistä. Jos hallitaan ainoastaan perusasiat, mallinnusohjelmien todellinen potentiaali jää vielä suurelta osin käyttämättä. Lisäksi mallien yhteiskäyttö on edelleen melko ongelmallista, joko niiden kanssa ei osata toimia oikein tai sitten kaikki suunnitteluosapuolet eivät ole vielä siirtyneet mallipohjaiseen suunnitteluun. Myöskään tilaajat ja tulevat jatkokäyttäjät eivät välttämättä ymmärrä, miten he voivat hyödyntää kiinteistöstä tuotettua mallia tulevaisuudessa, tai heidän jatkokäytön tarpeisiinsa ei ole saatavilla toimivia työkaluja.

2.5 IFC-tiedonsiirto

Jotta tietomallien käyttäjien välinen tiedonsiirto onnistuisi ja olisi mahdollisimman vaivatonta, tarvitaan yhteinen tiedonsiirtoformaatti. Eri suunnitteluohjelmistojen täytyy tunnistaa ja ymmärtää toisella ohjelmistolla tuotettua tietoa. Kaikkien osapuolten käyttäessä samaa tiedonsiirtomuotoa, suunnitelmien yhteensovittaminen on helpompaa ja säästytään tiedonsiirtoon liittyviltä turhilta työvaiheilta. Rakennusallalla tietomallinnuksen yleiseksi tiedonsiirtoformaatiksi on noussut IFC.

IFC (Industry Foundation Classes) on kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön [3]. IFC-tiedonsiirtoa käytetään erityisesti tuotemallipohjaisessa tiedonsiirrossa ja sen pääasiallisena tarkoituksena on mahdollistaa tiedonsiirto eri suunnitteluohjelmistojen välillä. IFC-muotoisessa tiedonsiirrossa pystytään siirtämään ainoastaan oliopohjaista tietoa eli mallin 3D-geometria ja parametreja, muttei esimerkiksi kaksiulotteista piirustusmuotoista tietoa. [4]

IFC-standardia kehittää kansainvälinen International Alliance for Interoperability (IAI) -järjestö, joka tunnetaan nykyään myös markkinointinimellä buildingSMART. Suomessa IAI-järjestöä edustaa järjestön jäsenenä toimiva buildingSMART Finland. IFC:n kehittämisen tavoitteena on, että tietoa pystytään tallentamaan ja siirtämään ohjelmistojen välillä ohjelmistoriippumattomasti. Käytännössä IFC:n ohella tarvitaan vielä pitkään myös muita tiedonsiirtomuotoja. [4]

3 KORJAUSKOHTTEEN TIETOMALLINTAMINEN

3.1 Korjausrakentamisen nykytilanne

Korjausrakentaminen on merkittävä työllistäjä rakennusosalalla. Vuonna 2000 korjausrakentamisen osuus koko rakennustuotannosta oli noin 40 prosenttia ja nyt kymmenen vuotta myöhemmin noin puolet. Vuonna 2000 korjausrakentamisen työllisyysvaikutus oli noin 90 000 henkilötyövuotta ja vuonna 2006 vastaavasti noin 100 000 henkilötyövuotta. Korjausrakentamisen määrä on ollut kasvussa viimeisen 25 vuoden aikana ja määrän arvellaan kasvavan edelleen lähitulevaisuudessa. [5; 6; 7]

Tällä hetkellä olemassa olevat rakennukset muodostavat valtaosan tulevaisuuden rakennuskannasta. Maamme rakennuskanta muodostaa runsaan puolet Suomen kansallisvarallisuudesta, joten rakennusten ylläpito ja korjaus vaikuttavat merkittävästi kansallisvarallisuutemme arvon säilymiseen. Korjausrakennuskohteista yli puolet on asuinrakennuksia. [7]

Korjaustarpeet kasvavat sitä mukaan kun rakennukselle tulee lisää ikää. Useiden teknisten korjausten osalta rakennuksen kriittinen ikä on noin 30 vuotta. Vuonna 2010 yli 30 vuoden iän saavuttaneiden rakennusten osuus koko rakennuskannasta on noin 50 prosenttia. Rakennuksen teknisen vanhenemisen lisäksi korjaustarve voi liittyä muun muassa rakennuksen energiatehokkuuden, toimivuuden, varustustason tai esteettisyyden parantamiseen. [5]

3.2 Tietomallien käyttö korjausrakennushankkeissa

Rakennusosalalla tietomalleja on käytetty tähän mennessä lähinnä uudisrakennushankkeissa. Korjausrakentamisessa tietomallien hyödyntäminen on edelleen melko vähäistä. Tietomallintamisen tuomat edut rakennuksen dokumentoinnissa, eri suunnitteluvaihtoehtojen vertailussa ja koko rakennushankkeen läpiviennissä, olisi hyvä tiedostaa ja ottaa käyttöön myös korjausrakentamisessa. Varsinkin nykyisten energiansäästötoimenpiteiden myötä tietomallintamista voitaisiin hyödyntää erilaisten energiasäästävien korjausratkaisujen vertailussa ja analysoinnissa. Korjausrakentamisen suunnittelutavan kehittäminen on erityisen tärkeää, sillä jos energiataloudellista rakentamista sovelletaan vain uudistuotantoon, jää suurin osa rakennuskannasta huomioimatta [8].

Tietomallipohjainen suunnittelu mahdollistaa entistä tarkemman suunnittelun jo hankesuunnitteluvaiheessa. Näin minimoidaan riskejä ja päästään lähemmäksi rakennuksen

lopullista muotoa jo varsin varhaisessa vaiheessa. [8] Varsinkin mittausten perusteella tehdyn inventointimallin avulla pinta-alat ja materiaalmäärät saadaan laskettua tarkasti ja näin ollen myös kustannusarvion laadinta onnistuu entistä luotettavammin.

Ajantasainen ja todelliseen mittatietoon perustuva inventointimalli tehdään rakennuksessa suoritettujen mittausten pohjalta. Rakennusten mittauspalveluita suorittavia yrityksiä on tarjolla enemmänkin, mutta olemassa olevan rakennuskannan mallintamiseen perehtyneitä yrityksiä on vielä melko vähän. Tällaisia nimenomaan rakennetun ympäristön dokumentointiin keskittyneitä yrityksiä ovat muun muassa Kuopiossa ja Kajaanissa toimiva Sillman Digital Oy, helsinkiläinen Tietoa Finland Oy sekä Hyvinkäällä toimiva Uudenmaan Saneerausmittaus Oy.

3.3 Senaatti-kiinteistöjen korjauskohteita koskevat tietomallivaatimukset

Senaatti-kiinteistöt on valtiovarainministeriön alainen liikelaitos, joka huolehtii valtion kiinteistövarallisuuden hallinnasta ja toimitilojen vuokrauksesta. Senaatti-kiinteistöt tuottaa ja tarjoaa tilapalveluja ensisijaisesti valtionhallinnolle. Senaatti-kiinteistöt on vuonna 2007 julkaissut projektejaan koskevat *Tietomallivaatimukset 2007* -mallinnusohjeen, joka määrittelee tietomalleja koskevat sisältövaatimukset projektin eri osapuolille kussakin suunnitteluvaiheessa. [9] Seuraavassa on käsitelty Senaatti-kiinteistöjen yleisiä tietomallinnusvaatimuksia koskien korjausrakentamiskohteiden inventointimalleja.

Senaatti-kiinteistöjen *Tietomallivaatimukset 2007, Osa 2: Lähtötilanteen mallinnus* -ohjeistuksen [10] mukaisesti korjausrakentamiskohteista vaaditaan sekä tontin malli että inventointimalli. Vaadittu mallintamisen laajuus ja tarkkuustaso ovat hankekohtaisesti päätettävissä. Ensisijaisesti vaaditaan mallinnettavaksi vain rakennusosat, jotka ovat kohteessa nähtävillä. Rakennusosien vähäiset mittapoikkeamat ja vinoudet tulee jättää huomiotta, ja inventointimalli tulee tehdä jatkotyön kannalta tarkoituksenmukaisella tarkkuudella. Kuitenkin kohteessa suoritettujen mittauksien tuottamat tarkat tulokset tulee säilyttää tilaajalle luovutettavassa mittausaineistossa.

Tontti tulee mallintaa vähintään kolmiulotteisena pintamallina. Malliin on tärkeää sisällyttää tontin rajapisteet ja muut merkittävät pisteet, kuten kaivojen ja kaapeleiden sijainnit sidottuna rakennuspaikkakunnalla käytettävään viralliseen karttakoordinaatistoon. Tontin mallista tulee myös käydä ilmi tontilla säilytettävät asiat, kuten esimerkiksi suojellut puut.

Olemassa olevan rakennuksen malli voidaan toteuttaa kohteessa suoritettavien mittauksen perusteella tai vanhojen piirustusten ja muiden dokumenttien pohjalta. Inventointimalliin tulee liittää tietomalliselostus, jossa on dokumentoituina kaikki mallissa käytetyt kuvatasot, nimeämiskäytännöt, mittausmenetelmät ja muut mallin luotettavuuteen vaikuttavat seikat.

Kaikki rakennusosat on mallinnettava käyttäen asianmukaista, kyseisen rakennusosan tekemiseen tarkoitettua työkalua, jolloin niistä käy yksiselitteisesti ilmi, minkä tyyppisestä rakennusosasta on kyse. Jos rakennusosan mallintamisessa joudutaan käyttämään jotakin muuta työkalua, esimerkiksi rakenteen vinon geometrian esittämiseksi oikein, on siitä käytävä selvästi ilmi, mistä rakennusosasta todellisuudessa on kyse.

Rakennusosista on käytävä selvästi ilmi, ovatko ne kantavia vai kevyitä rakenteita, ja onko niiden kantavuus fakta vai mallintajan oma arvio. Käytetyt rakennusmateriaalit merkitään malliin jatkotyön kannalta riittävällä tarkkuudella. Myös rakennusmateriaalien kohdalla on käytävä ilmi, onko kyseessä arvio vai fakta.

Kaikkien rakennuksen sisältämien tilojen mallinnus on ehdoton vaatimus. Tilat on mallinnettava tilaobjekteina ja niihin täytyy liittää yksilöllinen tilatunnus, tilan nykyinen nimi, josta käy ilmi tilan nykyinen käyttötarkoitus sekä tilan pinta-ala inventointimallista laskettuna.

Inventointimalliin on sisällytettävä kaikki runkorakenteet eli kaikki rakennuksen kantavat, suojaavat ja palo-osastointia palvelevat rakennusosat ainakin näkyviltä osin. Perustusten sisällyttämistä inventointimalliin ei yleisesti vaadita. Alapohjat, erityisesti alapohjalaatat sen sijaan tulee mallintaa. Koko alapohja voidaan mallintaa yhtenä laattana, jos laattojen saumakohdat eivät ole erotettavissa. Väli- ja yläpohjat mallinnetaan laattoina. Jos kohteessa on suoritettu sähköisiä mittauksia, välipohjan paksuutena käytetään ylemmän kerroksen lattiapinnan ja alemman kerroksen katon alapinnan korkeuksien välistä erotusta. Tarkemman tiedon puuttuessa yläpohjalaatan paksuutena käytetään samaa kuin välipohjalaatoissa. Vesikattoja ei yleisesti vaadita mallinnettaviksi.

Ulkoseiniin liitetään tieto käytetystä rakennusmateriaalista, jos se vain on tiedossa, mutta julkisivuverhousta ei yleisesti vaadita sisällytettäväksi inventointimalliin. Ovet ja ikkunat mallinnetaan tarkoituksenmukaisella tarkkuudella. Ikkunat voidaan mallintaa joko pelkkinä asennusaukkoina, valoaukkoina tai karmeineen ja puitteineen. Ulko-ovet mallinnetaan joko asennusaukkoina tai karmeineen. Rakennukseen kiinteästi liittyvät parvekkeet, katokset ja terassit mallinnetaan sovitulla tarkkuudella.

Väestönsuojat tulee merkitä malliin vähintään selkeästi nimetyillä tilaobjekteilla. Tulisijojen ja hormien osalta voidaan vaatia mallinnettavaksi niiden sijainnit ja niiden vaatimat tilavaraukset. Alakattoja, asennuslattioita ja tilavarusteita ei yleensä vaadita sisällytettäväksi inventointimalliin. Talotekniikkaosien mallinnusta vaaditaan vain erikoistapauksissa. Malliin voi kuitenkin olla hyödyllistä merkitä esimerkiksi vesikalusteiden sijainnit ja LVI-järjestelmien vaatimat tilavaraukset.

3.4 Mitä mallinnetaan ja millä tarkkuudella?

Ennen kuin korjausrakennuskohteesta lähdetään tekemään inventointimallia, on tärkeää miettiä mitä tarkoitusta varten malli tehdään ja miten sitä aiotaan hyödyntää. Jos kyseessä on hyvin pieni ja vaatimaton kohde tai puolestaan mallintamisen kannalta hyvin haasteellinen rakennus, jonka mallin tuottamiseen kuluisi suhteettoman kauan aikaa saavutettavaan hyötyyn nähden, perinteisten suunnittelumenetelmien käyttö on edelleen varteenotettava vaihtoehto. Myös jatkokäyttäjien tarpeet ja mahdollisuudet mallin hyödyntämiselle on syytä huomioida mallinnuspäätöstä tehtäessä. Tärkeää olisi, että mahdollisimman moni, mieluiten kaikki hankkeen osapuolet pystyisivät hyödyntämään tietomallintamista. Inventointimalli on kuitenkin hyvä tapa kerätä kaikki rakennuksesta koskeva tieto samaan paikkaan ja pitämällä malli ajantasaisena, se voi palvella kiinteistön ylläpidossa ja tietojen tallennuspaikkana koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Hankkeen alkuvaiheessa on erittäin tärkeää määritellä mitä kyseessä olevasta rakennuskohteesta mallinnetaan ja millä tarkkuudella mallintaminen suoritetaan. Tässä vaiheessa tilaajalla on suuri rooli, sillä hänen on päätettävä mistä hän on valmis maksamaan. Tilaajan on oltava tietoinen siitä, mitä hän voi tuotettavalta inventointimallilta vaatia ja mitä hyötyä mallista on rakennushankkeen aikana ja sen jälkeen. Asiakas haluaa kuitenkin ensisijaisesti vastinetta rahalleen, ja jos rakennuksen dokumentoinnille tai rakennusvaiheen jälkeiselle mallin jatkokäytölle ei nähdä tarvetta, inventointimallia on turhaa lähteä saattamaan liian yksityiskohtaiselle tasolle. Hankkeen aluksi tehdään siis asiakastarveselvitys, jossa määritellään mallintamisen lähtökohdat sekä mallin sisältövaatimukset ja tarkkuustaso.

Mallin käyttötarkoitus ja mallinnettavan kohteen luonne ratkaisevat, mitä tietoja malliin syötetään sekä millä tarkkuudella ja missä muodossa mallintaminen suoritetaan. Mallinnettavana voi olla tavanomainen asuinrakennus, kerrostalo tai esimerkiksi sairaala, liikuntahalli, teollisuuden tuotantotila, maatalousrakennus tai ydinvoimala. Ymmärrettävää on, että täysin erityyppisten rakennusten mallintamisella on omat vaatimuksensa ja erityispiirteensä. Myös korjaustarpeen syy ja laajuus vaikuttavat omalta osaltaan mallin

sisältöön. Kohteessa saatetaan suorittaa pelkästään pientä pintaremonttia tai vastavasti kokonaisvaltaista peruskorjausta tai entisöintiä. Korjauksen syynä voi olla rakennus- ja talotekniikkaosien tekninen vanheneminen tai vaurioituminen, kohteen käyttötarkoituksen muuttaminen tai esimerkiksi rakennuksen laajentaminen.

Rakennus saattaa myös olla arvorakennus, kuten rakennushistoriallisesti merkittävä kohde tai muu suojelukohde. Arvorakennusten osalta tutkimus-, inventointi- ja mittaus-tarpeet ovat huomattavasti laajemmat kuin tavanomaisissa korjauskohteissa. Tällöin ennen mallinnustyön aloitusta on tehtävä paljon taustatyötä, kuten kohteen rakennus-historiaselvitys (RHS), johon kootaan kaikki oleellinen tieto kohteesta. Selvityksestä ilmenevät rakennuksen alkuperäinen ulkoasu ja käyttötarkoitus sekä mitä muutoksia rakennukseen on aikojen saatossa tehty ja mikä niiden tarkoitus on ollut. Selvityksessä kuvataan miten rakennus on säilynyt teknisesti ja arkkitehtonisesti. Myös rakennuksen käytön historia sekä käytetty rakennustekniikka selvitetään. Tutkimus voi sisältää lisäksi muun muassa kalusteinventaarin ja väritutkimuksen, jossa paljastetaan alkuperäiset pintamateriaalit ja värit sekä myöhemmät kerrostumat. [11]

Inventointimallin sisältövaatimuksia määriteltäessä on päätettävä mallinnetaanko koko rakennus, korjauksen kohteena oleva rakennuksen osa vai pelkästään remontoitavat tilat. Entä mallinnetaanko purettavat rakenteet vai ainoastaan säilytettävät rakennus-osat ja sisällytetäänkö malliin talotekniikkaa? Lisäksi on määritettävä pyritäänkö mallintamisessa ”millimetritarkkuuteen” vai riittääkö karkeampi tarkkuustaso. Millimetritarkkuuteen on todellisuudessa mahdotonta päästä, sillä rakennusosat ovat lähes poikkeuksetta hieman vinoja tai pinnaltaan epätasaisia, eikä pienien mittapoikkeamien huomioiminen ole mallinnusteknisesti järkevää. Yleisessä käytössä on ± 25 mm:n mittatoleranssi. Mallin tarkkuustasoon vaikuttaa myös oleellisesti se, mitataanko kohde ja miten mahdolliset mittaukset suoritetaan, vai tehdäänkö malli pelkkien vanhojen dokumenttien pohjalta.

Malli voidaan tuottaa käyttäen joko tyypittömiä rakenteita tai vastaavasti todellisia materiaaleja ja ainevahvuuksia, jotka on selvitetty vanhoista dokumenteista tai rakenteita avaamalla. Kussakin kohteessa vaadittava mallinnustarkkuus määritellään tarjouspyynnöissä ja sopimuksissa [10]. Rakennuksen kuntotutkimus- ja historiatietojen dokumentoinnin osalta on mietittävä, sisällytetäänkö tiedot suoraan malliin vai linkitetäänkö ne ulkoisesta tietokannasta. Hankekohtaisesti päätetään, missä muodossa tällaiset tiedot on projektin kannalta käytännöllisintä esittää.

3.5 Lähtötietojen kerääminen

Inventointimallista saadaan sitä kattavampi, mitä enemmän kohteeseen liittyvää lähtöaineistoa on käytettävissä. Mallintaminen voidaan toteuttaa pohjautuen joko kohteessa suoritettaviin mittauksiin tai vanhoihin piirustuksiin. Lähimmäksi todellista tilannetta päästään varmasti mittatiedon ja vanhojen dokumenttien sisältämän tiedon yhteensovittamisella. Mittaamalla rakennus varmistetaan rakenteiden vahvuudet ja oikeat sijainnit sekä saadaan selville todelliset pinta-alat ja korkeusasematiedot. Vanhoista piirustuksista selviävät usein muun muassa rakennetyypit, käytetyt materiaalit ja tilojen käyttötarkoitukset.

Jos kyseessä oleva kohde on arvorakennus, dokumentointi suoritetaan yleensä hyvin tarkasti ja kattavasti. Tällöin selvitetään rakennuksen historian eri vaiheet aina rakentamisesta nykypäivään. Historiatietojen selvittämisessä voidaan käyttää apuna eri arkistolähteitä, kuten kunnan- tai kaupunginarkistoa sekä maistraatin ja paikallismuseon arkistoja, joista voi löytyä esimerkiksi vanhoja rakennuslupa- ja muutospirustuksia. Julkisista rakennuksista piirustuksia on löydettävissä myös valtionarkistosta ja maakunta-arkistoista. Kohteesta saattaa löytyä myös tutkimus- ja dokumentointitarkoituksessa laadittua aineistoa esimerkiksi museoviraston, paikallismuseoiden tai yliopistojen ja korkeakoulujen arkistoista. Arkistotutkimuksissa voidaan käydä läpi vanhojen piirustusten lisäksi mahdollisia kauppa- ja perukirjoja, palovakuutusasiakirjoja, karttoja ja vanhoja valokuvia [9]. Rakennuksen omistajien haastattelua ja heidän hallussaan olevaa rakennusta koskevaa aineistoa ei myöskään pidä unohtaa.

Rakennuksen valokuvaaminen on erityisen tärkeä osa rakennuksen dokumentointiprosessia. Hyvälaatuinen ja kattava valokuvamateriaali ei ole tärkeä pelkästään rakennuksen nykytilanteen dokumentoinnin kannalta, vaan myös mallintajan näkökulmasta, sillä mittaukset suorittaa useimmiten eri henkilö ja mallinnettava rakennus saattaa sijaita vaikka toisella puolella maata, eikä mallintaja näin ollen välttämättä koskaan käy itse paikanpäällä rakennuksessa. Koko rakennuksen kattava sisä- ja ulkopuolinen valokuvaus antavat mallintajalle selkeän kuvan mallinnettavana olevasta kohteesta. Ne asiat, jotka eivät selviä vanhoista piirustuksista tai mittausaineistosta, saattavat käydä ilmi kohteesta otetuista valokuvista.

3.6 Rakennuksen mittaaminen

Rakennusten mittaaminen voidaan toteuttaa käyttäen perinteisiä mittausmenetelmiä, kuten takymetrimittausta ja käsin mittausta laseretäisyysmittarilla ja rullamitalla, tai

vaihtoehtoisesti nykyaikaisemmin laserkeilaamalla. Pienemmissä kohteissa perinteiset mittausten menetelmät ovat edelleen käyttökelpoisia, mutta monimuotoiset ja suuremman kokoluokan rakennukset on ehdottomasti järkevää mitata laserkeilausta hyödyntäen, sillä se on huomattavasti nopeampi mittausten menetelmä ja sen avulla saavutetaan parempi mittatarkkuus.

Laserkeilaus on mittausmenetelmä, jossa etäisyyksien mittaaminen perustuu laserkeilaimesta lähtevän lasersäteen kulkuun laitteesta kohteeseen ja takaisin. Laserkeilain lähettää säteitä eri suuntiin, jolloin saadaan muodostettua kolmiulotteinen näkymä ympäristöstä eli niin sanottu pistepilvi. Pistepilvi voi sisältää tuhansia tai jopa miljoonia pisteitä, joilla jokaisella on omat x-, y- ja z-suuntaiset koordinaattinsa. [12]



Kuva 7. Laserkeilaimella tuotettua pistepilveä, kuva: © Sillman Digital Oy

Laserkeilaimella tuotettavan mittausaineiston tarkkuuteen vaikuttavat käytettävän laitteiston ominaisuuksien lisäksi näkyvyyttä heikentävät asiat, kuten lumi, vesisade tai pöly [12]. Myös muut lasersäteiden tiellä olevat esteet, kuten kasvillisuus ja kalusteet haittaavat mittauksia, sillä säteet heijastuvat niistä takaisin ennenaikaisesti, mikä aiheuttaa katvealueita pistepilviaineistoon. Lisäksi keilattavan kohteen väri ja pintamateriaali sekä valon heijastuminen vaikuttavat omalta osaltaan keilauksen onnistumiseen [12].



Kuva 8. Kuva väriarvollisesta pistepilvestä, kuva: © Sillman Digital Oy

4 TUTKIMUSKOHDE

4.1 Lähtötiedot mallinnettavasta kohteesta

Tutkimustyön mallinnettavana kohteena käytettiin Savonia-ammattikorkeakoulun Tekniikan Kuopion yksikön laboratoriosiipeä (C-osa). Kohde sijaitsee osoitteessa Opistotie 2, 70101 Kuopio. Rakennuksen valmistumisvuosi on 1966. Kohteessa suoritettiin mittauksia ainoastaan sen toisessa päädyssä, joten mittatarkka malli tuotettiin vain siltä osin. Laboratoriosiiven mitatussa päädyssä on yksi kerros ja kellarikerros. Kellarikerroksessa sijaitsee väestönsuojatiloja, koestuslaboratorio, betonin lujuustutkimuslaboratorio, aputiloja ja kaksi työhuonetta. Ylemmässä kerroksessa sijaitsevat geotekniikan laboratorio, kivi-/asfalttilaboratorio, päällystelaboratorio, murskaustila, luokkahuone sekä kaksi työhuonetta.

Mallinnustyön lähtötietoina oli käytettävissä sähköisessä muodossa olevat muutostyövaiheen CAD-pohjapiirustukset sekä alkuperäiset käsin piirretyt julkisivupiirustukset ja muutama leikkauspiirros. Lisäksi käytössä oli Veijo Leskisen tuottamaa mitta-aineistoa 3D-muodossa pistepilvenä ja pisteiden kautta muodostettuna rakennuksen mallina. Mittaukset oli suoritettu pääasiassa skannaamalla robottitakymetrillä. Leskinen tekee omaa insinöörityötään rakennuksen laserskannaukseen liittyen osana TIRTA-projektia.

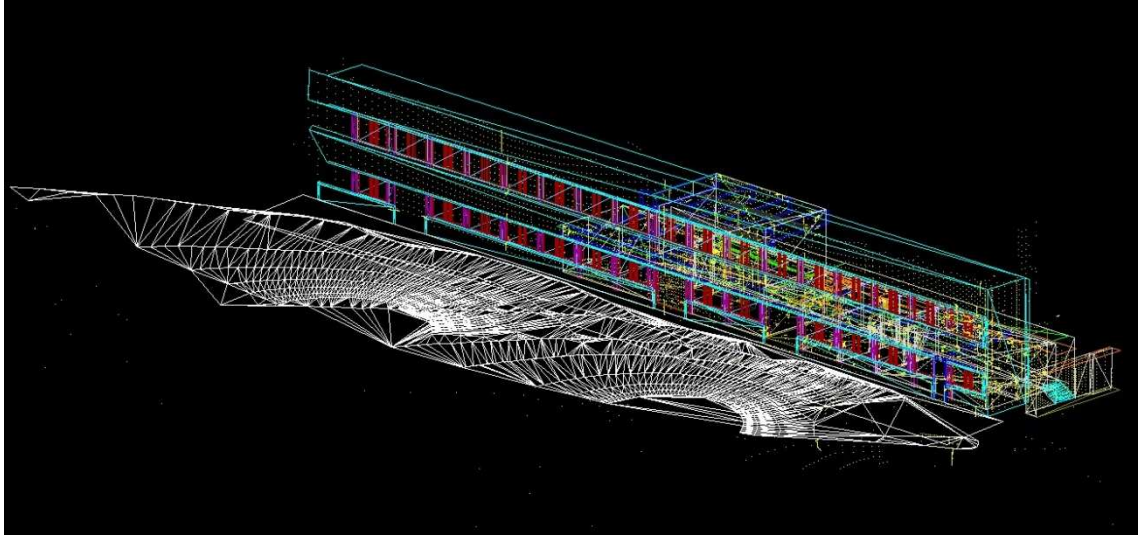
Inventointimallin muodostamiseksi kohteessa suoritettiin mittauksia myös käsin lasereitäisyysmittarilla sekä pienimpiä yksityiskohtia perinteisellä rullamitalla. Mittausten yhteydessä kohteesta otettiin lukuisia valokuvia ja videokuvaa, jotta joitakin yksityiskohtia pystyi tarkistamaan mallinnustyön edetessä, ilman että tarvitsi käydä paikan päällä.

4.2 Kohteessa suoritettut mittaukset

Leskiseltä saadun tiedon mukaan mitta-aineiston tuottamiseen oli käytetty pääasiassa *Trimblen VX Spatial Station* -robottitakymetriä, joka sisältää sekä skannaus- että kuvausominaisuuden. Rakennuksen sisälle tuotujen kiintopisteiden avulla oli aluksi mitoitettu rakennuksen sisäinen runkoverkko. Runkoverkon avulla oli mitattu edelleen kiintopisteet niihin tiloihin, jotka oli tarkoitus mitata inventointimallia varten. Tilojen mitaus oli toteutettu ensisijaisesti skannaamalla ja skannatut tilat oli myös kuvattu robottitakymetrin kuvausominaisuudella.

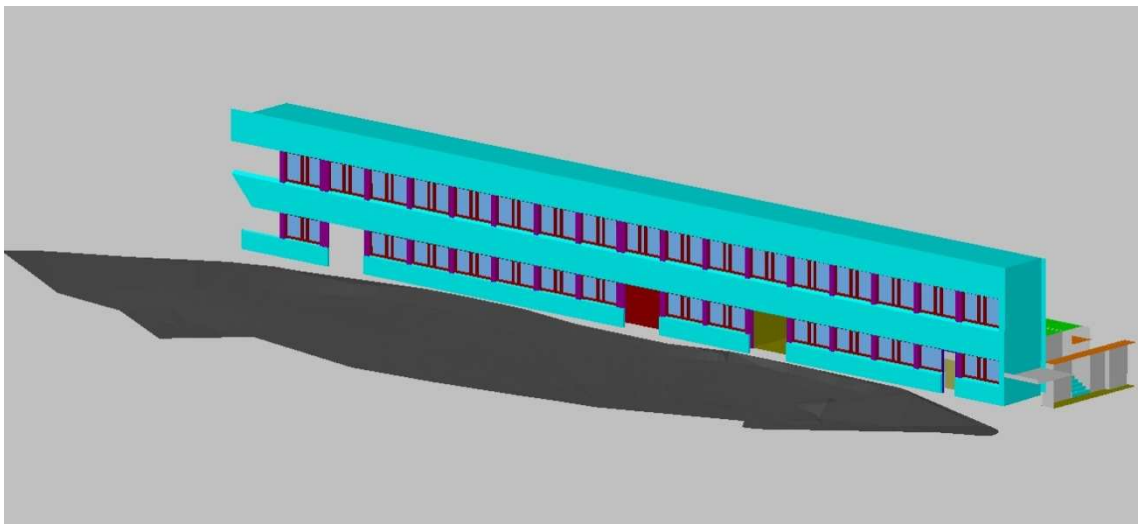
Yksittäisiä kohteita, esimerkiksi skannaustoiminnolle liian pieniä tiloja ja muun muassa oviaukkojen ja lattiakaivojen sijainteja oli täytynyt mitata perinteisemmin takymetrin

minnolla. Skannattavan kohteen etäisyyden takymetristä on oltava vähintään 1,8 metriä, joten skannauksen suorittaminen pienimmissä tiloissa ei ole ollut mahdollista. Oman haasteensa skannauksen onnistumiselle olivat asettaneet myös tiloissa sijainneet kalusteet sekä pintojen materiaalit ja värit, esimerkiksi hyvin tummat pinnat olivat olleet ongelmallisia.



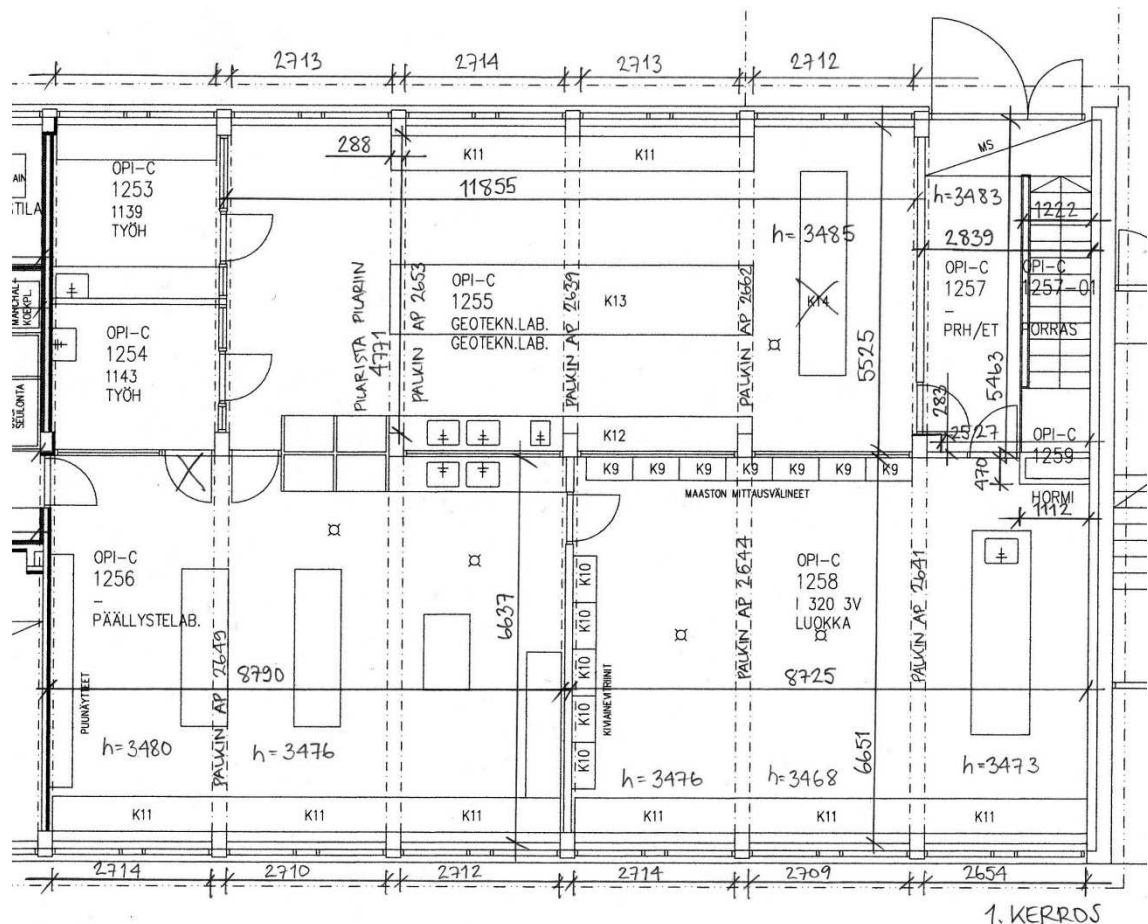
Kuva 9. Pistepilvi ja sen pohjalta tehty rautalankamalli kohteesta

Skannauksen tuloksena syntyneen kolmiulotteisen pistepilven avulla rakennuksen mitattu osa oli mallinnettu *RealWorks Survey Advanced 6.4* -ohjelmistolla vastaavia rakennusosia kuvaaviksi pintamalli- ja solid-objekteiksi. *RealWorks Survey* on *Trimblen* julkaisema ohjelmisto, joka on kehitetty nimenomaan skannatun pistepilviaineiston jatkokäsittelyyn ja analysointiin. *RealWorks Surveyllä* tehty malli oli muunneltu *AutoCADilla* ja mallinnusohjelmilla avattavaan muotoon.



Kuva 10. *RealWorks Survey* -ohjelmistolla tuotettu malli

Robottitakymetrillä toteutettujen mittausten lisäksi kohteessa suoritettiin mittauksia käsin. Mittaustulokset kirjattiin ylös pohjapiirustuksista otettuihin tulosteisiin. Käsin tehtävät mittaukset vievät huomattavasti enemmän aikaa ja niissä virheiden mahdollisuus kasvaa moninkertaisesti verrattuna robottitakymetrillä tai laserkeilaimella tehtäviin mittauksiin. Virheitä voi tulla esimerkiksi laseretäisyysmittarin sijoituksessa, mittaajan lukiuksessa tuloksen laseretäisyysmittarin näytöltä sekä tuloksien kirjaajan kuullessa tai merkitessä tuloksen virheellisesti tai väärään kohtaan. Suoritettaessa mittauksia käsin, jää myös hyvin helposti tärkeitä mittoja ottamatta, varsinkin silloin kun mittauksen suorittajilla ei ole vastaavaa koulutusta tai aiempaa kokemusta.



Kuva 11. Kirjauksia käsin suoritetuista mittauksista

4.3 Käytetyt tietokonesovellukset

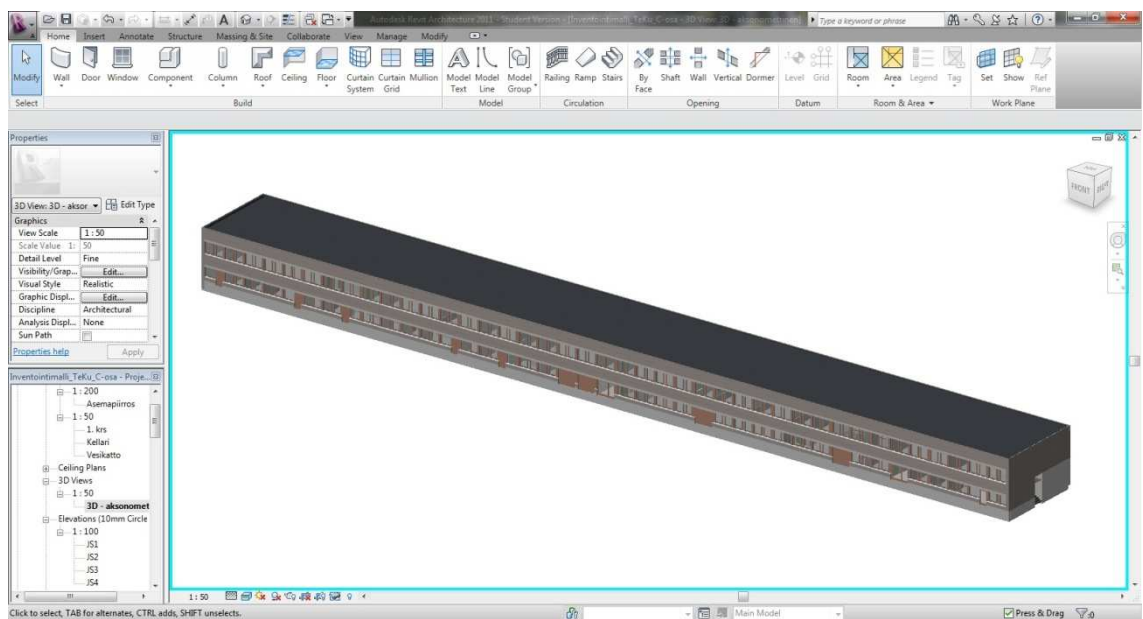
4.3.1 Autodesk Revit Architecture 2011

Autodesk Revit Architecture on Yhdysvaltalaisen Autodeskin kehittämä ja julkaisema rakennusalan tietomallinnusohjelmisto, joka on tarkoitettu ensisijaisesti arkkitehtisuunnittelun työkaluksi. Ohjelmasta on olemassa lisäksi omat ohjelmistoversionsa raken-

nussuunnittelun eri suunnittelualoille, kuten rakennesuunnittelijoille tarkoitettu *Autodesk Revit Structure* ja LVI-suunnittelijoille suunnattu *Autodesk Revit MEP*.

Autodesk Revit Architecture -ohjelmisto mahdollistaa lähes kaiken rakennusprojektiin liittyvän suunnitelmatiedon tallentamisen yhteen paikkaan yhdeksi tiedostoksi. *Autodesk Revit Architecture* avulla rakennuksesta muodostetaan kolmiulotteinen malli ja samalla piirtyvät muun muassa rakennuksen pohja-, leikkaus- ja julkisivupiirustukset. Ohjelmisto tarjoaa lukuisia eri näkymävaihtoehtoja, joista suunnitelmaa voidaan tarkastella ja muokata. Yhdessä näkymässä tehty muutos päivittyy automaattisesti myös kaikkiin muihin näkymiin sekä esimerkiksi tietomallin sisältämiin materiaali- ja määräluetteloihin. Nämä perustoiminnot nopeuttavat suunnittelutyötä huomattavasti verrattuna perinteisten 2D-piirrustusten tekemiseen esimerkiksi *AutoCADilla*.

Autodesk Revit Architecturessa rakennuksen malli muodostetaan ohjelmiston sisältämällä todellisia rakennusosia kuvaavilla objekteilla. Eri rakennusosia kuvaavat objektit kuuluvat omiin kategorioihinsa (*family*) ja sisältävät kyseiselle rakennusosalle tunnusomaisia ominaisuuksia ja muuttuvia parametreja. Esimerkiksi ovi-objektin parametreja muokkaamalla voidaan muuttaa muun muassa oven leveyttä, korkeutta, materiaaleja, käteisyyttä ja aukeamissuuntaa halutunlaisiksi. Lisäksi ovelle voidaan määritellä kirjallisessa muodossa olevia tietoja, kuten oven paloluokka, U-arvo, ääneneristävyys, hinta, valmistaja jne.



Kuva 12. Autodesk Revit Architecturen työskentely-ympäristö

Mallinnusohjelmisto tarjoaa myös huomattavaa apua määrälaskentaan, sillä mallista saadaan tarkat materiaali- ja määrätiedot esimerkiksi urakkatarjousta varten sekä muun muassa valmiit ovi- ja ikkunaluettelot. Näin voidaan helposti seurata kustannusarvion muodostumista suunnitelmien edistyessä.

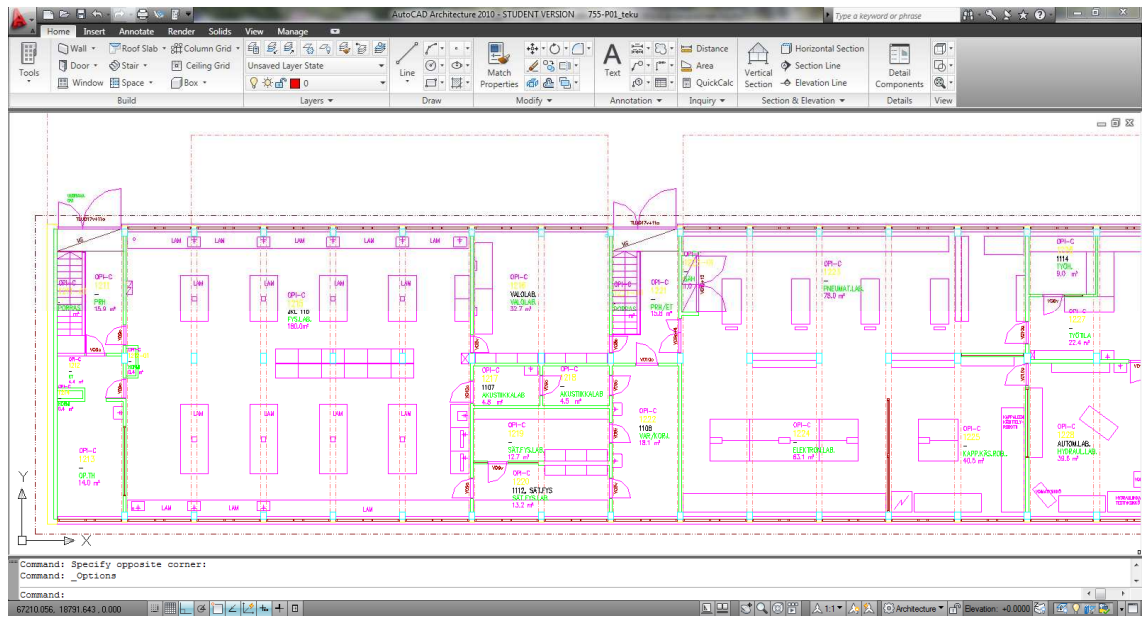
Autodesk Revit Architecture vahvuutena ovat myös sen tarjoamat visualisointimahdollisuudet. Suunnitelmia voidaan esitellä kolmiulotteisessa muodossa, jolloin suunnitelmat ovat helpommin hahmotettavissa ja ymmärrettävissä. Mallista voidaan myös tuottaa esittelykuviksi lähes valokuvia vastaavia renderöityjä perspektiivikuvia sekä erilaisia rakennusta havainnollistavia animaatioita.

4.3.2 *AutoCAD Architecture 2010*

Autodeskin julkaisema *AutoCAD Architecture* on erityisesti rakennussuunnitteluun ja -piirtoon kehitetty versio *AutoCADista*. Perinteiseen *AutoCADiin* verrattuna ohjelmistossa on kehittyneemmät 3D-mallinnustyökalut rakennussuunnittelun tarpeisiin, sillä *AutoCAD* on alun perin kehitetty teknisten piirustusten laatimiseen. *AutoCAD Architecture* on edelleen lähinnä 2D-suunnitteluun soveltuva ohjelmisto, sillä sen 3D-ominaisuudet ovat huomattavasti kömpelömmät varsinaisiin mallinnusohjelmiin verrattuna. *AutoCADista* on saatavana omat ohjelmistoversionsa myös muille suunnittelualoille, kuten sähkösuunnitteluun soveltuva *AutoCAD Electrical* ja rakennesuunnitteluun tarkoitettu *Civil Design*.

AutoCADiin on saatavilla myös arkkitehtisuunnitteluun tarkoitettu *Ark*-lisäosa, joka sisältää 2D-piirtoon tarvittavia työkaluja, kuten seinä-, ikkuna- ja ovityökalut sekä muun muassa kalustesymbolit ja piirustusmerkinnät. *Ark*-lisäosan avulla esimerkiksi seiniä ei tarvitse piirtää perinteisen *AutoCADin* tapaan yksittäisinä viivoina, vaan seinä saadaan piirtymään kerralla ainekerroksineen ja materiaalimerkintöineen.

Inventointimallin ja ajantasapiirustusten laatimista ajatellen *AutoCADiin* voidaan asentaa esimerkiksi *Kubitin* julkaisema *PointCloud*-lisäosa, jonka avulla *CADissa* voidaan käsitellä laserkeilauksesta saatua pistepilvimateriaalia. *PointCloudin* avulla pistepilvestä saadaan piirrettyä mittatarkat pohja-, leikkaus- ja julkisivukuvat, jotka voidaan siirtää viitepiirustuksiksi mallinnusohjelmaan.

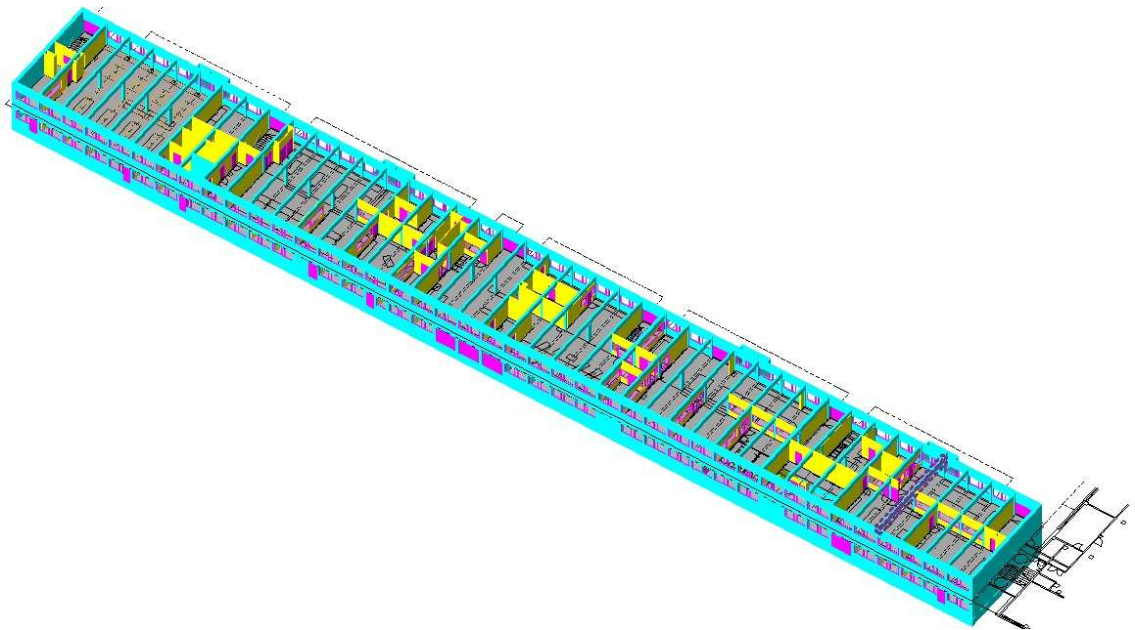


Kuva 13. *AutoCAD Architecture* työskentely-ympäristö

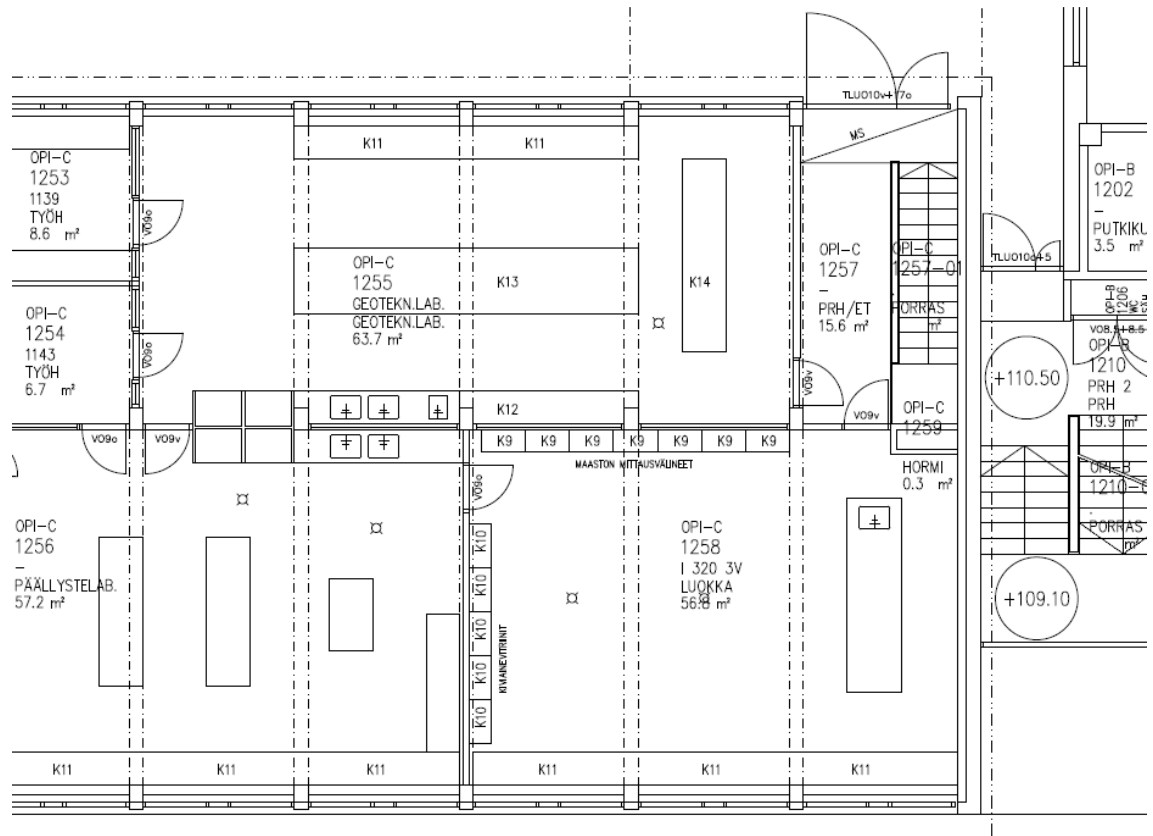
5 MALLINTAMINEN VANHOJEN 2D-PIIRUSTUSTEN POHJALTA

5.1 Mallintaminen sähköisessä muodossa olevien piirustusten avulla

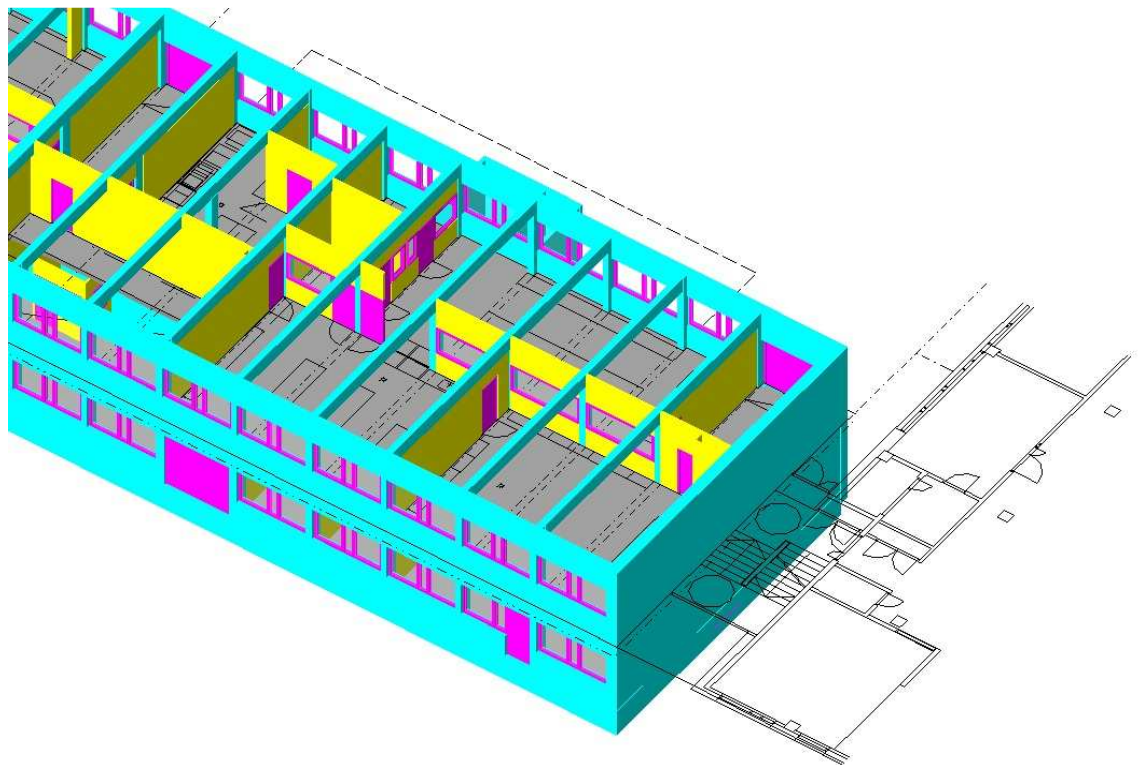
TeKun laboratoriosiiven mallintaminen aloitettiin pelkkien vanhojen 2D-piirustusten avulla, joista käytettävissä olivat sähköisessä muodossa olevat *AutoCADilla* tehdyt pohjapiirustukset sekä käsin 1:100 piirretyt julkisivupiirustukset ja muutama leikkauspiirros. Mallinnustyö aloitettiin *Autodesk Revit Architecturella* muodostamalla ensiksi tarvittavat kuvatasot. *Revitissä* jokaisen näkymän *phasing*-asetukseksi valittiin olemassa oleva, jolloin se oli myös jokaisen mallinnettavan rakennusosan oletusasetuksena. *AutoCADista* tuotiin rakennuksen dwg-muotoiset pohjapiirustukset viitepiirustuksiksi, joiden ”päälle” mallia alettiin muodostaa. Mallinnustyötä aloitettaessa ei vielä ollut tiedossa, miltä alalta rakennus tullaan mittaamaan inventointimallia varten, joten kohteesta tehtiin raakamalli koko laboratoriosiiven osalta. Raakamallin tekemisessä käytettiin tyyppittömiä rakenteita ja rakennusosat eroteltiin toisistaan paremman havainnollisuuden aikaansaamiseksi eri värein.



Kuva 14. TeKun laboratoriosiiven raakamalli



Kuva 15. Ote 1. kerroksen CAD-pohjapiirustuksesta



Kuva 16. 1. kerroksen pohjapiirros raakamallin viitepiirustuksena

Vanhojen pohjapiirustuksien avulla mallinnettaessa ongelmia aiheuttivat muutamat 1. kerroksen ja kellarikerroksen pohjapiirustuksissa esiintyneet ristiriidat. Esimerkiksi portaiden leveydet ja askelmasyvyydet erosivat toisistaan eri kerrosten välillä. Pohjapiiruksiin kirjoitetut mitat poikkesivat joissakin kohdissa piirustuksissa esiintyvistä todellisista mitoista, esimerkiksi ovitunnukseen merkitty ovileveys saattoi poiketa kuvassa esiintyvän ovisymbolin vastaavasta leveydestä. Pohjapiirustuksista ei myöskään käynyt ilmi rakennusosien materiaalit, vaan ne oli piirretty käyttäen tyyppittömiä rakenteita. Kanavat ja kevyet seinät oli erotettu toisistaan sijoittamalla ne omille kuvatasoilleen.

Dwg-muotoiset pohjapiirustukset oli vaivatonta tuoda malliin viitepiirustuksiksi, eikä niitä tarvinnut erikseen skaalata, sillä ne olivat valmiiksi todellisessa 1:1 mittakaavassa. Mallinnusohjelma myös tunnisti dwg-piirustusten sisältämät viivat ja niiden tartuntapistet, kuten viivojen päät ja keskipisteet sekä viivojen risteys- ja yhtymäkohdat. Näin ollen CAD-piirustuksesta sai otettua tarvittavat mitat ja rakennusosat oli helppo sijoittaa paikoilleen. Dwg-tiedostomuodon ansiosta viivapiirustukset olivat myös läpinäkyviä, eli mallinnusohjelmaan siirrettäessä ainoastaan piirustuksen sisältämät viivat, tekstit ja muut objektit siirtyivät ilman piirustus pohjaa tai paperia, toisin kuin siirrettäessä esimerkiksi skannattua kuvaa.

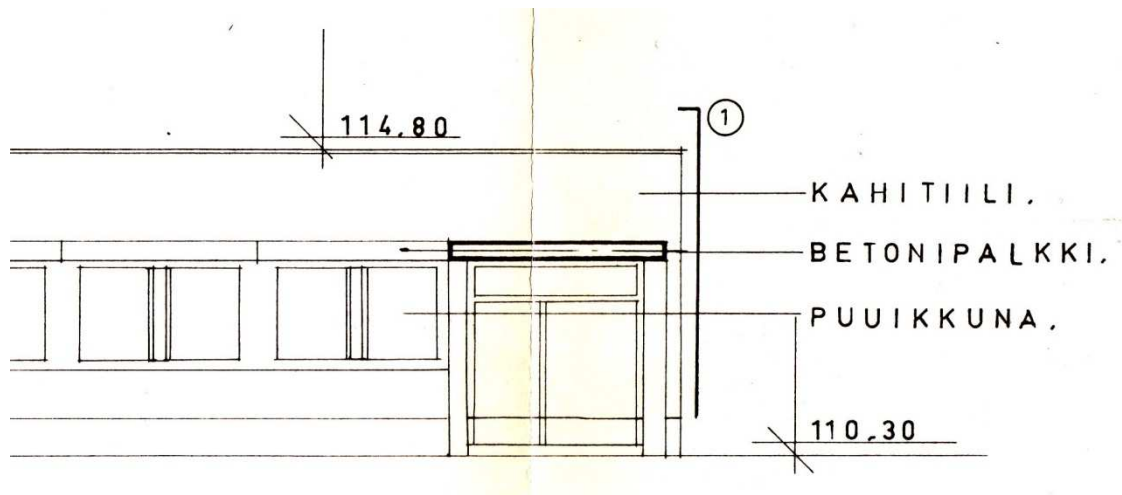
5.2 Mallintaminen paperimuodossa olevien piirustusten avulla

Kaikki kohteesta käytettävissä olleet leikkaus- ja julkisivupiirustukset olivat käsin piirrettyjä ja ne oli piirretty 1:100 mittakaavaan. Suuri mittakaava aiheutti helposti virheitä mallintamisen mittatarkkuuteen, koska piirustuksista suhdeviivaimella otetut mitat pystyi ottamaan korkeintaan 50–100 mm:n tarkkuudella. Inventointimallia tehdessä 100 mm:n heitto mitoissa on jo suhteettoman suuri. Vanhoista leikkauspiirustuksista oli kuitenkin nähtävissä rakenteiden materiaalit, mutta ainevahvuudet täytyi arvioida suhteellisen karkeasti, sillä rakenteita ei ollut kuvattu sen tarkemmin käytettävissä olleissa asiakirjoissa.

Paperimuodossa oleva piirustus voidaan myös skannata, jolloin siitä saadaan tietokoneella käsiteltävissä olevia rasterikuva. Skannauksen jälkeen kuva tarvittaessa oikaistaan ja sen mittakaava tarkistetaan. Rasterikuva ei kuitenkaan itsessään ole vielä muokattavissa esimerkiksi *AutoCAD*issa, vaan se täytyy ensin vektoroida tarkoituksenmukaisella ohjelmistolla. Vektoroinnissa rasterikuva muutetaan viivapiirrokseksi sellaiseen muotoon, että se on käsiteltävissä ja muokattavissa CAD-ohjelmistoissa, esimerkiksi dwg- tai dxf-tiedostomuotoon. Vektoroitavan kuvan on oltava hyvälaatuinen ja selkeä,

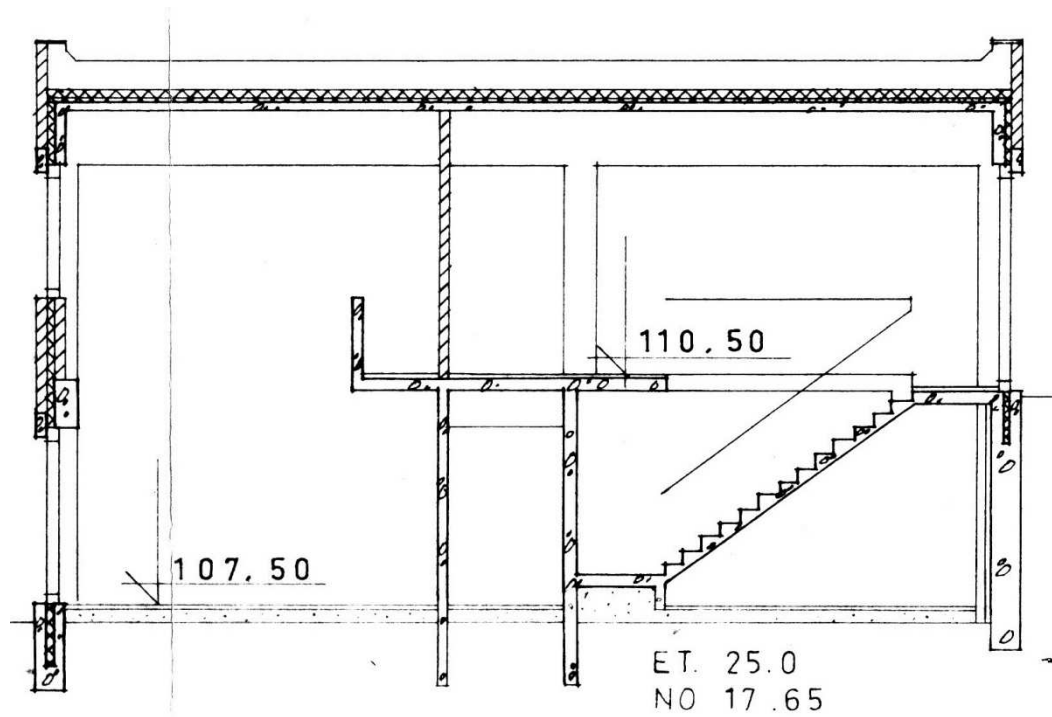
jotta sen vektoroiminen on mahdollista. Rasterikuva voidaan saattaa sähköiseksi viivapiirustukseksi myös manuaalisesti piirtämällä päälle esimerkiksi AutoCADissa.

Skannattujen kuvien käyttäminen sellaisenaan mallintamisen viitepiirustuksena on melko hankalaa, sillä skannatun rasterikuvan mukana siirtyy samalla piirustusarkki, jolloin kuva on läpinäkymätön. Rakennuksen pohjien mallintamisessa se ei vielä ole varsinaisen ongelma, mutta esimerkiksi julkisivujen mallintaminen on jo haasteellisempaa. Rasterikuvan viivoihin ei pysty tarttumaan, sillä mallinnusohjelma ei tunnista kuvan sisältämiä objekteja. Piirustuksia skannatessa on oltava huolellinen, sillä paperissa olevat rypistymät ja taitokset vääristävät kuvaa ja heikentävät mittatarkkuutta. Erityisen ongelmallista on suurikokoisten tulosteiden skannaaminen sekä esimerkiksi 1:100 tai 1:500 piirrettyjen kuvien skaalaaminen todelliseen kokoonsa, sillä skaalatessa kuvien tarkkuus kärsii viivaleveyksien kasvaessa samassa suhteessa.



Kuva 17. Ote alkuperäisestä käsin piirretystä julkisivupiirroksesta

Leikkauspiirustuksia oli käytettävissä suhteettoman vähän verrattuna laboratoriosiiven kokoon nähden, sillä pituutta kyseisellä rakennuksen osalla on reilut 123 m. Leikkauspiirrosten sijainteja ei ollut merkitty tuoreempiin CAD-pohjapiirroksiin, joten ne täytyi paikantaa vertailemalla leikkaus- ja pohjapiirustuksia toisiinsa. Käytettävissä ei ollut yhtään pituusleikkausta, vaan kaikki leikkauspiirustukset olivat poikkileikkauksia. Leikkauspiirustuksien rajallinen määrä ja detaljipiirrosten puuttuminen jättivät aika paljon tulkinnan varaa inventointimallia tehtäessä.



Kuva 18. Alkuperäinen käsin piirretty leikkauspiirustus

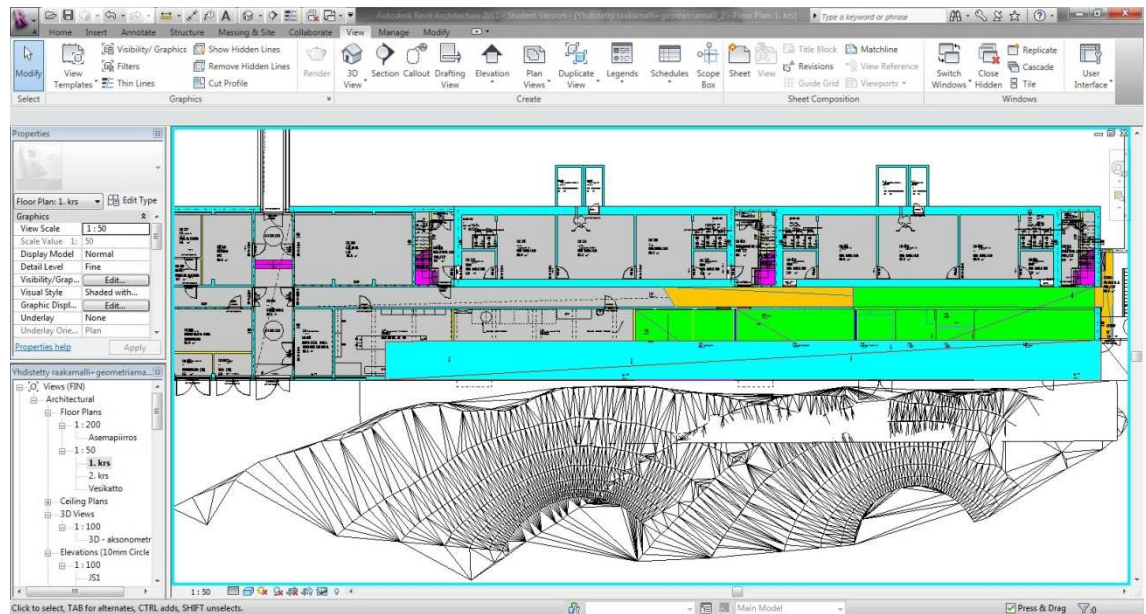
Pelkkien vanhojen 2D-piirustuksien pohjalta tehtyä rakennuksen mallia ei voi pitää inventointimallina. Varsinkin silloin jos rakennusta ei ole toteutettu ihan sillä tavoin kuin alun perin on suunniteltu tai jos mallintajalla ei ole käytössään kaikkein viimeisimpiä kohteessa tehtyjä muutostöitä koskevia dokumentteja, mallista tulee virheellinen eikä se vastaa nykytilannetta. Tietenkin silloin kun rakennustyöt on toteutettu hyvin suunnitelmien mukaisesti ja käytettävissä on riittävä määrä suunnitelma-asiakirjoja, inventointimalli voidaan ainakin jossain määrin toteuttaa pelkkien vanhojen asiakirjojen avulla. Kuitenkin tällöin on enemmänkin kyse kohteen raakamallista.

6 MALLINTAMINEN LASERSKANNATUN MITTAUSAINEISTON POHJALTA

TeKun laboratoriosiivessä suoritettiin mittauksia ainoastaan sen toisessa päädyssä, sillä mittausten tekeminen koko laboratoriosiiven osalta olisi vienyt suhteettoman kauan aikaa. Näin ollen mittatarkka malli tuotettiin ainoastaan pieneltä osalta kohdetta. Mittausaineistona oli käytettävissä robottitakymetrillä tuotettua 3D-mittaustietoa pistepilven muodossa sekä siitä *RealWorks Survey* -ohjelmistolla tuotettu rakennuksen malli, joka koostui solid- ja pintamallikappaleista. Käsien tehtyjen mittausten tulokset olivat kirjattuihin vanhoista pohjapiirustuksista otettuihin tulosteisiin.

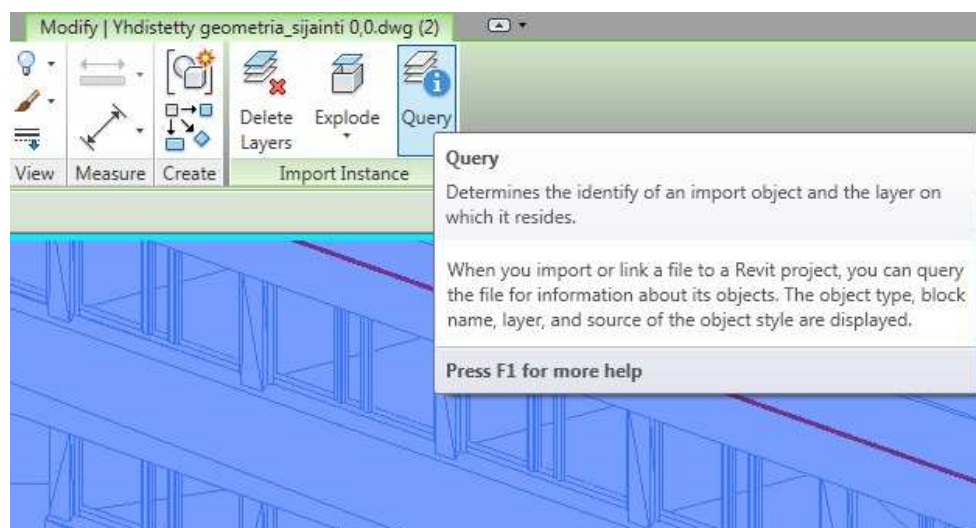
RealWorks Surveyllä tuotettu malli oli tallennettu *AutoCADilla* avattavaan muotoon. *AutoCADissa* mallia pystyi pyörittämään kolmiulotteisesti ja ohjelmisto tunnisti mallin sisältämät solid- ja pintamalliobjektit. Objektihin pystyi tarttumaan ja niitä pystyi myös muokkaaman vapaasti. *AutoCADissa* mallista sai otettua tarvittavia mittoja ja klikkaamalla objektin aktiiviseksi, pystyi varmistamaan mihin rakennusosa-kategoriaan objekti kuului mittaajan tekemien rakennusosien mukaan nimettyjen kuvatasojen avulla.

AutoCADista RealWorks Surveyllä tuotettu malli siirrettiin *Autodesk Revit Architectu-*reen aiemmin tehdyn raakamallin päälle. *Revitissä* kävi ilmi, ettei *AutoCADista* tuotua mallia pystynyt juuri hyödyntämään inventointimallia tehtäessä, muuten kuin vertailemalla sitä varsinaisen mallin kanssa. *RealWorks Surveyllä* tehty malli siirtyi nimittäin mallinnusohjelmaan yhtenä kappaleena, jonka rakennusosia ei pystynyt käsittelemään erillisinä objekteina. *Revitissä* rakennusosien erottamista toisistaan helpotti se, että objektit oli sijoitettu eri värein jaotelluille kuvatasoille ennen mallinnusohjelmaan siirtämistä. Näin ollen rakennusosien kokoa ja sijaintia voitiin vartailla *Revitissä* tehtyyn raakamalliin.



Kuva 19. Raakamalli, jonka päälle tuotuna *RealWorks Surveyllä* tehty malli

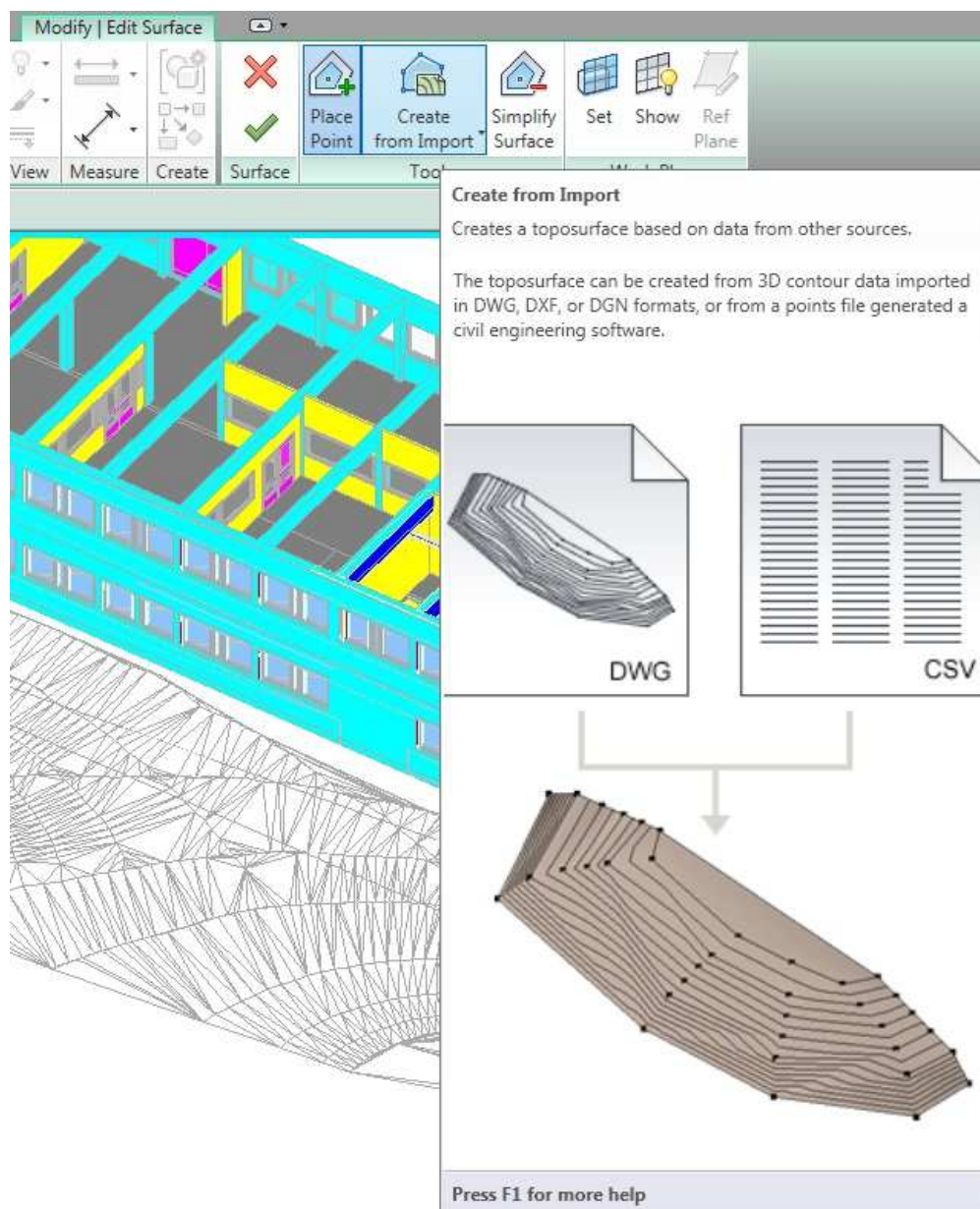
Revitissä AutoCADista tuotua mallia pystyi pyörittämään kolmiulotteisesti ja sitä voitiin tarkastella *Section Box* -toiminnon avulla. Tämä toiminto mahdollisti näkemään mallin ”sisälle” ja sen avulla pystyttiin tutkimaan mallin poikkileikkausta kolmiulotteisessa muodossa. Muulla tavoin poikkileikkauksen tarkastelu oli lähes mahdotonta, koska malli näkyi kaikissa *Revitin* näkymissä, kuten pohja- ja leikkauspiirroksissa, yhtenä läpinäkyvänä kappaleena. *Revitin Query*-komennolla mallin komponentit voitiin hetkellisesti erottaa toisistaan ja yksittäisiä kuvatasoja voitiin sulkea, jolloin kaikki samalle kuvatasolle sijoitetut komponentit saatiin piilotettua aktiivisena olevasta näkymästä. *Query*-komennon avulla voitiin myös tarkastaa mille kuvatasolle kukin rakennusosa oli *AutoCADissa* sijoitettu.



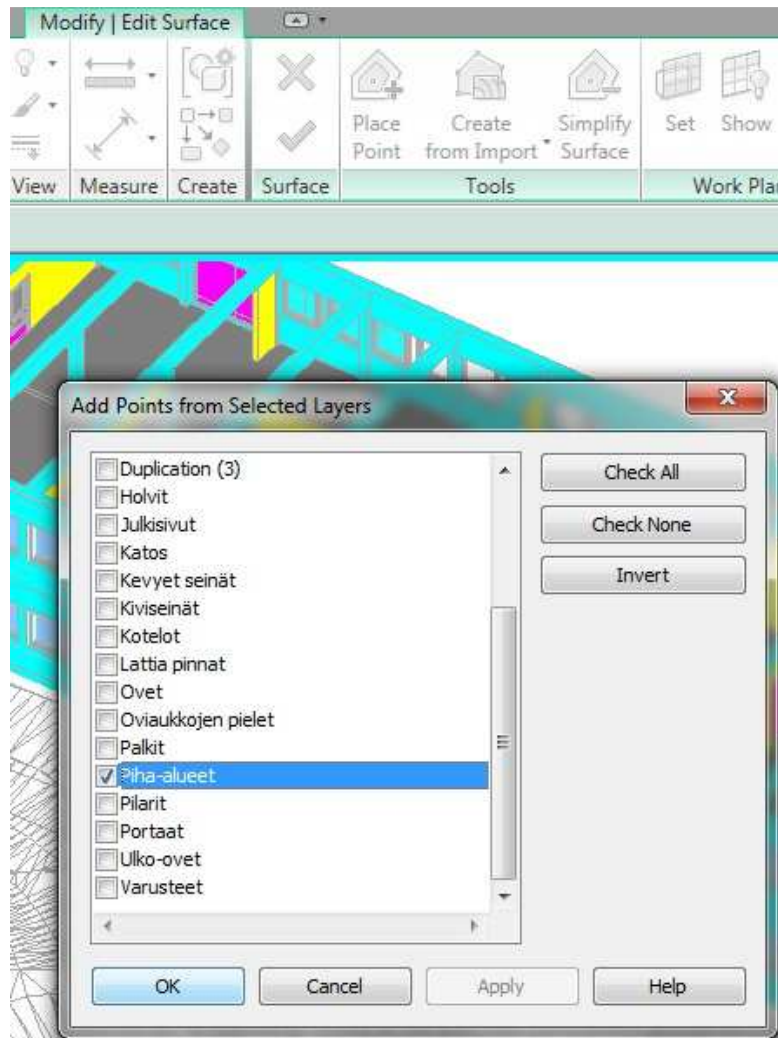
Kuva 20. *Query*-toiminnolla *Revitiin* tuodusta mallista saatiin selville muun muassa objektien tyytit sekä kuvatasot, joille objektit oli sijoitettu

Mittojen ottaminen *Revitiin* tuodusta mallista oli lähes mahdotonta etenkin silloin, kun mitattavat objektit eivät olleet täysin kohtisuorassa toisiinsa nähden. Näin ollen mittojen ottaminen oli helpompaa suorittaa esimerkiksi *AutoCADissa*.

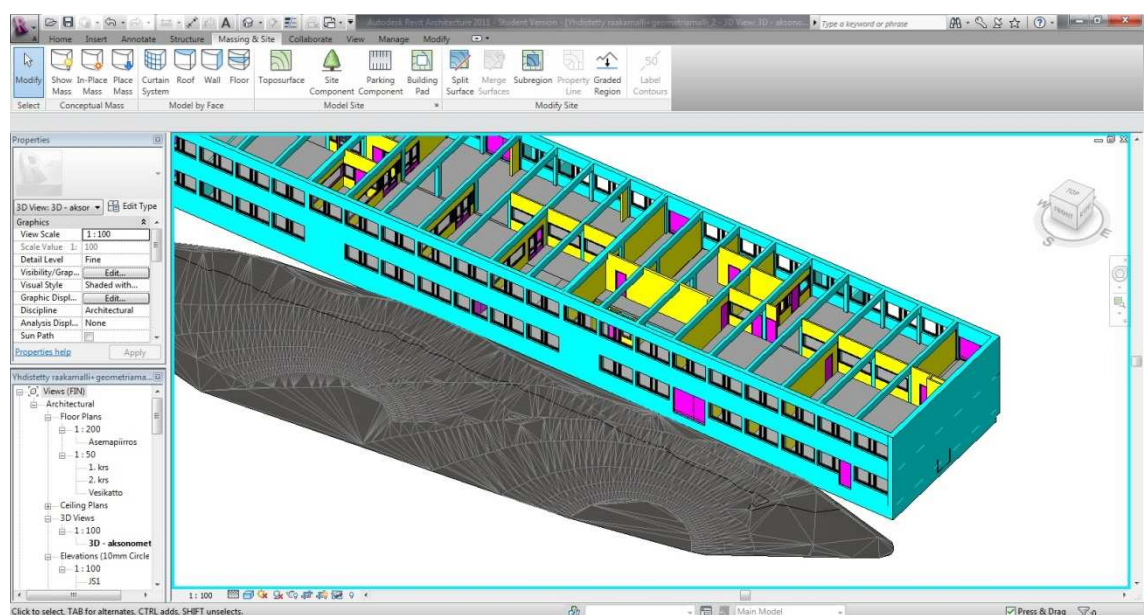
RealWorks Surveyllä tehdyn mallin avulla maaston tekeminen *Revitissä* oli todella vai-
vatonta. *Toposurface*-työkalun toiminnoista valittiin *Create from Import* -vaihtoehto ja
edelleen *Select Import Instance*, jonka jälkeen valittiin *RealWorks Surveyllä* tehty malli
aktiiviseksi. Tämän jälkeen valittiin ne kuvatasot, joille sijoitettujen objektien mukaisesti
maaston haluttiin muodostuvan. Tässä tapauksessa valittiin piha-alueet -kuvataso,
jolloin maasto muodostui tasolle sijoitetun maastoa kuvaavan pintamallin mukaisesti.



Kuva 21. Maaston mallintaminen *Create from Import*-työkalua käyttäen



Kuva 22. Lähtötietojen valitseminen maaston mallin muodostamiseksi



Kuva 23. Valmis maaston malli

7 INVENTOINTIMALLIN SISÄLTÖ JA MALLINTAMISEN TARKKUUS

Yleensä työn tilaaja asettaa vaatimukset inventointimallin sisällölle ja mallintamisen tarkkuudelle. Tässä tapauksessa varsinaista tilaajaa ei ollut, joten inventointimalli tehtiin pääasiassa Senaatti-kiinteistöjen laatiman *Tietomallivaatimukset 2007* -ohjeistuksen mukaisesti. Ohjeistus on ainakin vielä tässä vaiheessa melko ylimalkainen, joten paljon jäi mallintajan oman harkinnan varaan siitä, minkä tasoinen malli kohteesta tuotettiin. Työssä keskityttiin ainoastaan rakennustekniikan ja rakennuksen geometrian mallintamiseen. Kohteesta mallinnettiin pääasiassa vain näkyvillä olevat rakennusosat. Inventointimalliin ei sisällytetty talotekniikkaa eikä alueosien mallintamista. Myöskään tonttia ei varsinaisesti mallinnettu, mutta piha-alueesta muodostettiin maastomalli mitatulta alueelta.

Laboratoriosiiven mitatussa päädyssä rakennusosat mallinnettiin vastaamaan mahdollisimman tarkasti saatuja mittaustuloksia. Rakennusosien koko ja sijainti pyrittiin määrittämään parin senttimetrin tarkkuudella. Laboratoriosiiven loppuosa mallinnettiin vastaamaan mitattua päätyä kohteessa toistuvien rakennusosien, kuten pilarien, palkkien ja ikkunoiden osalta. Muulta osin malli toteutettiin vanhojen 2D-piirustusten mukaan.

Rakenteiden kantavuus ja materiaalit merkittiin vanhojen asiakirjojen mukaisiksi siinä laajuudessa, kuin ne olivat määriteltävissä. Jos rakenteen materiaali ei selvinnyt vanhoista piirustuksista, merkittiin materiaaliksi ”määrittelemätön”. Ainevahvuudet arvioitiin mittausten ja vanhojen leikkauspiirustusten perusteella. Seuraavassa on käsitelty kohteesta tuotetun inventointimallin tietosisältöä rakennusosittain.

7.1 Perustukset

Perustukset mallinnettiin karkeasti siinä laajuudessa kuin ne kävivät ilmi vanhoista leikkauspiirustuksista. Senaatti-kiinteistöt ei yleisesti vaadi perustusten sisällyttämistä inventointimalliin, mutta koska kohteen perusmuurit olivat selkeästi esillä vanhoissa asiakirjoissa, ne päätettiin dokumentoida myös malliin. Perusmuurit mallinnettiin käyttäen *seinä*-työkalua.

7.2 Alapohjat

Alapohjalaatat mallinnettiin siten, että niiden yläpinnan korkeusasema vastasi laserskannauksesta saatuja tuloksia. Alapohjalaattojen paksuus puolestaan arvioitiin mittaamalla vanhoista leikkauspiirustuksista. Laatat pyrittiin myös rajaamaan leikkauspiirustuksien mukaan. Alapohjalaatan yläpinnan korko oli vanhojen piirustusten mukaan +107.500, kun taas mittausten osalta koroksi saatiin +107.450. Korot siis erosivat toisistaan 50 mm.

7.3 Runko

Senaatti-kiinteistöjen ohjeistuksen mukaisesti kohteesta mallinnettiin kaikki kantavat rakenteet eli pilarit, palkit, laatat ja kantavat seinät. Rakenteiden kantavuus arvioitiin vanhojen asiakirjojen perusteella. Seinät jaoteltiin kantaviin ja ei-kantaviin rakenteisiin sähköisessä muodossa olleiden CAD-pohjapiirustusten perusteella, joissa seinät oli jaoteltu kantavuutensa perusteella omille kuvatasoilleen. Kantavia rakenteita mallinnettaessa apuna voitaisiin käyttää kohteesta tehtyjä rakennepiirustuksia, mutta tässä tapauksessa rakennesuunnitelmia ei ollut käytettävissä.

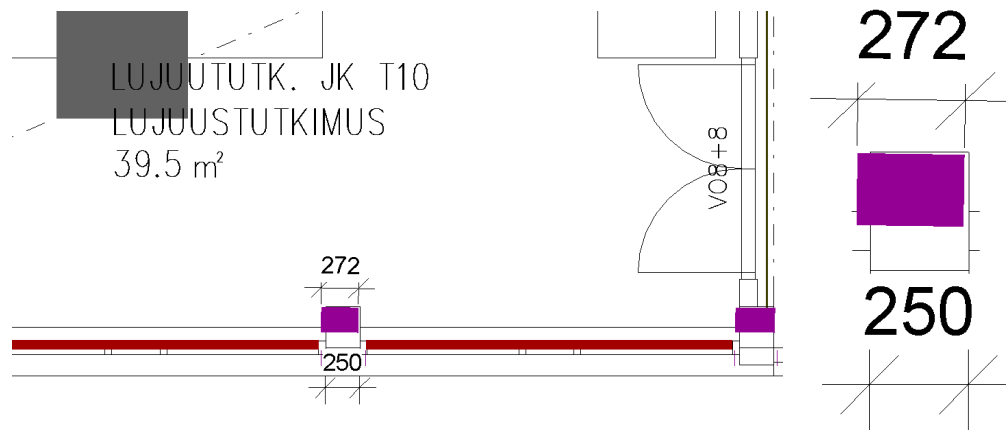
Väestönsuojat mallinnettiin pääasiassa pohjautuen vanhoihin asiakirjoihin, sillä väestönsuojien osalta kohteessa ei suoritettu mittauksia laserskannerilla, ainoastaan muutamia perusmittoja otettiin laseretäisyysmittaria käyttäen. Mittausten suorittamista haittasi rauhan aikana varastokäytössä olevien tilojen tavaranaljous. Väestönsuojien rakenteiden paksuudet arvioitiin vanhoista leikkaus- ja pohjapiirustuksista.

7.3.1 Kantavat seinät

Kantavat seinät mallinnettiin oikeille paikoilleen ja oikean vahvuiseksi laserskannauksen perusteella sillä alueella, jossa mittauksia suoritettiin, muuten turvauduttiin vanhoihin asiakirjoihin ja käsin tehtyihin mittauksiin. Yhdistetyistä pistepilvistä rakenteen vahvuus ja sijainti saadaan helposti selville ja tulos on hyvinkin tarkka. Vastaavasti suoritettaessa mittauksia käsin, esimerkiksi seinien vahvuuksien selvittäminen on huomattavasti hankalampaa. Kun seinässä ei ole aukkoa, paksuus voidaan määrittää ainoastaan muiden liittymismittojen avulla. Silloinkin kun seinässä on esimerkiksi ovi- tai ikkunauukko, mittauksia häiritsevät usein karmit sekä aukkoa reunustavat listoitukset.

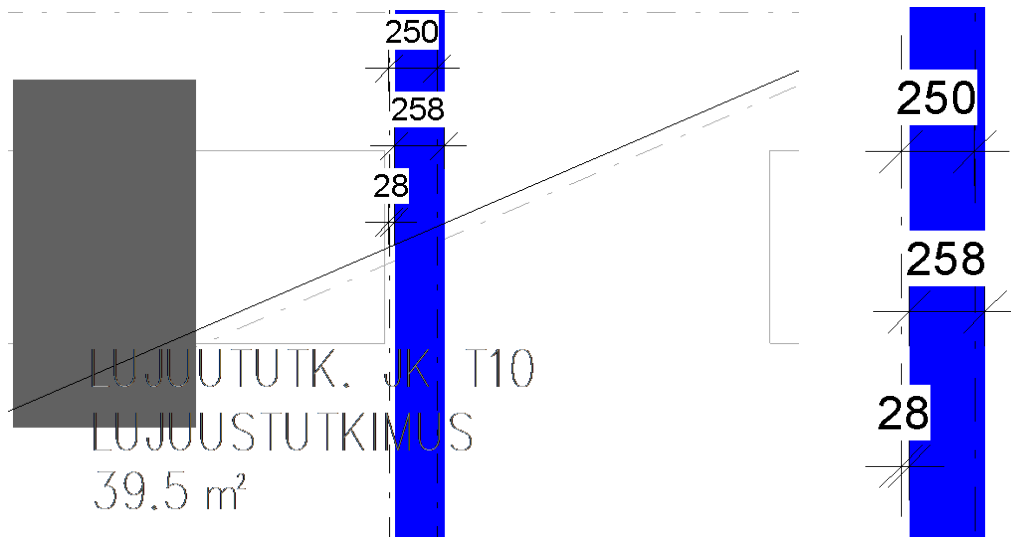
7.3.2 Pilarit ja palkit

Pilarit ja palkit mallinnettiin arkkitehtitasolla käyttäen mallinnusohjelman tarjoamia perusobjekteja, joten varsinaista rakennemallia kohteesta ei tehty. Pilarien leveys ja sijainti kävivät hyvin ilmi pistepilvestä tuotetusta mallista. Suurin osa pilareista kuitenkin sijaitsi osaksi seinän sisällä, joten niiden toinen sivumitta täytyi arvioida pohjapiirustusten perusteella. Käsin mitattaessa pilareista tulee mitata niiden koon lisäksi pilarien väliset etäisyydet aina kun mahdollista, jotta runkoverkko saadaan mahdollisimman tarkasti vastaamaan todellista tilannetta. Seuraavassa on esimerkkinä pilari, jonka leveydeksi on annettu vanhoissa CAD-pohjakuvissa 250 mm ja laserskannauksen mukaan vastaava sivumitta on 272 mm, leveydet siis eroavat toisistaan noin 20 mm. Pilarien sijainnit poikkeavat myös aavistuksen verran toisistaan. Inventointimallissa pilarin leveydeksi valittiin 270 mm ja pilari sijoitettiin laserskannauksen mukaiselle paikalleen.



Kuva 24. Pilarin koko ja sijainti vanhan pohjapiirustuksen sekä laserskannauksen mukaisesti

Palkkien koko ja sijainti saatiin selville pistepilvestä tuotetusta materiaalista. Käsin mitattaessa palkkien alapinnan korkeus saatiin selvitettyä laseretäisyysmittarilla, mutta korkealla katonrajassa sijaitsevien palkkien leveyden määrittäminen olisi ollut paljon hankalampaa. Esimerkipalkin korkeus alkuperäisessä leikkauspiirustuksessa oli 700 mm, kun taas laserkeilauksen mukaan se oli 827 mm. Käsin tehdyissä mittauksissa tulokseksi saatiin yläpohjan alapinnan ja palkin alapinnan korkeuksien välisenä erotuksena 838 mm. Inventointimalliin palkin korkeudeksi valittiin 830 mm. Palkin leveys pohjapiirustuksessa oli 250 mm ja pistepilvestä tehdyssä mallissa 258 mm, jolloin palkki mallinnettiin 255 mm leveänä. Palkin sijainti vaakatasossa erosi pohjapiirustuksen ja laserskannauksen välillä 28 mm.

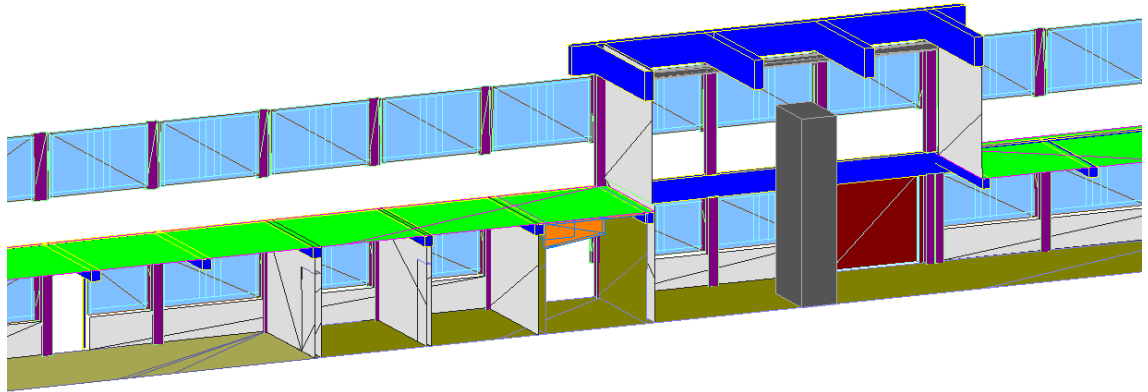


Kuva 25. Palkin leveys ja sijainti vanhan pohjapiirustuksen sekä laserskannauksen mukaisesti

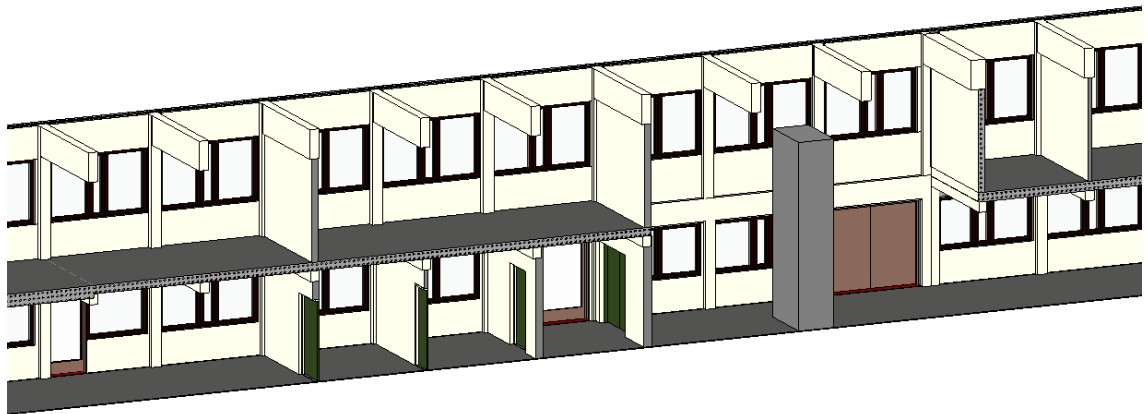
7.3.3 Väli- ja yläpohjat

Välipohjalaattojen paksuus pyrittiin määrittämään kohteessa suoritettujen mittausten perusteella. Kovin tarkasti laattojen paksuutta ei voitu määrittää, sillä laserkeilausta suoritettiin ainoastaan kellarikerroksen tiloissa. Laattojen yläpinnan korkeusasema täytyi siis pyrkiä selvittämään käsin tehtyjen mittausten perusteella. Vanhojen leikkauspiirustusten mukaan välipohjalaatan alapinnan korkeus kellarikerroksen lattiapinnasta oli noin 2 800 mm, laserkeilauksen perusteella 2 835 mm ja käsin mitattaessa 2 820 mm. Inventointimallissa välipohjalaatta mallinnettiin laserkeilauksen antaman tuloksen mukaan 2 835 mm:n etäisyydelle lattiapinnasta.

Yläpohjalaatta sijoitettiin mittausten perusteella sen alapinnan mukaan oikeaan korkeusasemaan. Laatan paksuus puolestaan arvioitiin vanhoista leikkauspiirustuksista. Yläpohjalaatan alapinnan korkeusasema saatiin mitattua kellarikerroksesta lujuustutkimuslaboratorion kohdalta, sillä tila oli avoin yläpohjaan asti. Laserskannerilla ja lasereitäisyysmittarilla saatujen tuloksien mukaisesti yläpohjalaatta mallinnettiin 6 520 mm:n etäisyydelle kellarin lattiatasosta, mikä vastasi hyvin myös alkuperäisiä leikkauspiirustuksia, joissa etäisyys oli n. 6 500 mm.



Kuva 26. Pilarit, palkit ja laatat, *RealWorks Survey* -malli



Kuva 27. Pilarit, palkit ja laatat, *Revit*-malli

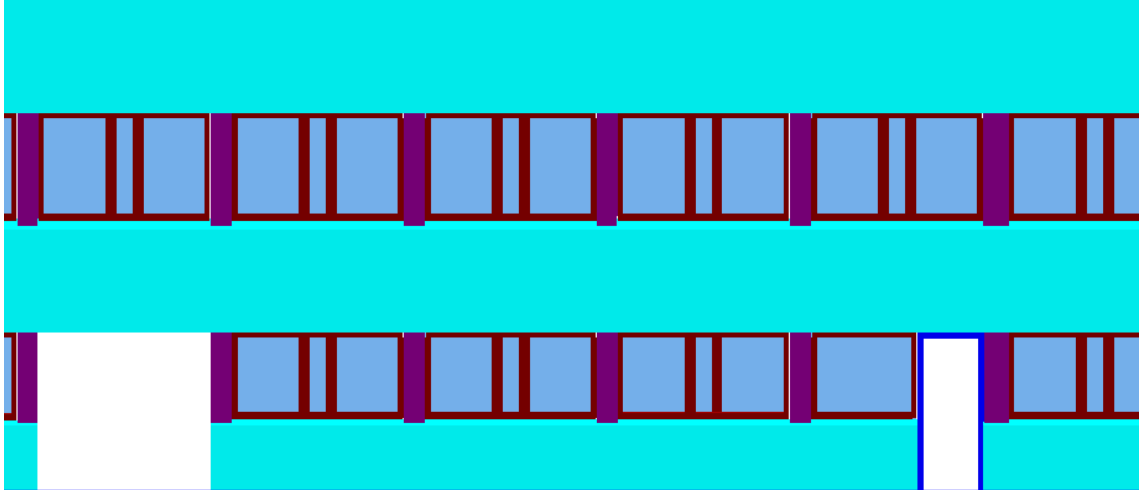
7.4 Julkisivut

Julkisivut mallinnettiin vastaamaan mahdollisimman hyvin todellista tilannetta, kuitenkin siten, ettei takerruttu liikaa yksityiskohtiin. Julkisivujen mallintamisessa käytettiin apuna kohteesta otettuja valokuvia, 3D-mittausaineistoa sekä vanhoja julkisivupiirustuksia.

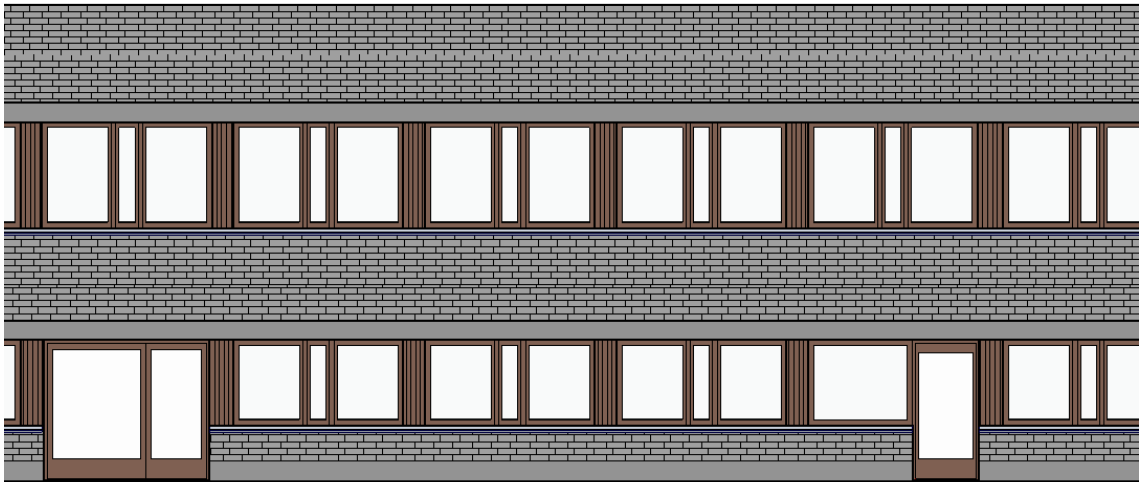
7.4.1 Ulkoseinät

Ulkoseinät mallinnettiin paikoilleen vanhojen 2D-piirustusten mukaisesti, sillä mittauksia suoritettiin ainoastaan laboratoriosiiven toisessa päädyssä, jolloin kohteesta tuotettu pistepilvi sisälsi vain vähän matkaa lännen ja etelän puoleisista ulkoseinälinjoista rakennuksen eteläisimmästä nurkasta lähtien. Kyseisten ulkoseinien vahvuudet kävivät ilmi 3D-mittausaineistosta.

Ulkoseinien mallintamisessa haasteellisinta oli se, että ne koostuivat useista eri materiaaleista, ja rakennetyypit vaihtuivat kerrosten välillä useaan otteeseen. Seinät jouduttiin kasaamaan useasta eri osasta, jolloin varsinkin seinien nurkkaliitokset tuottivat ongelmia. Tyypittömiä tai yksiaineisia seinärakenteita käytettäessä vastaavaa ongelmaa ei ollut.



Kuva 28. Ulkoseinät, ikkunat ja ovet, *RealWorks Survey* -malli

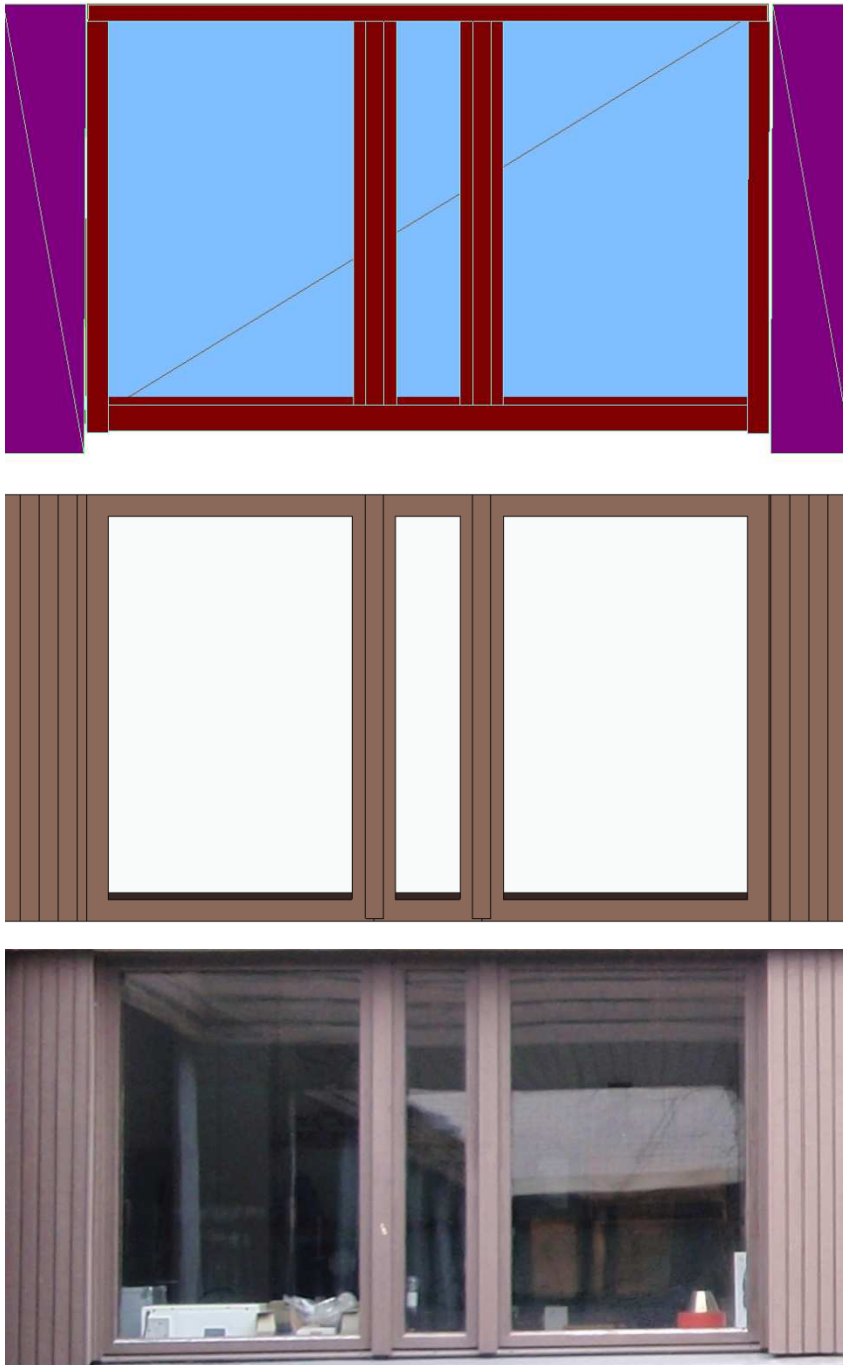


Kuva 29. Ulkoseinät, ikkunat ja ovet, *Revit*-malli

7.4.2 Ikkunat ja ulko-ovet

Ikkunoiden mallintamisessa käytettiin *Revitistä* löytyviä perusobjekteja, joita hieman muokkaamalla ikkunat saatiin vastaamaan ulkoisesti riittävällä tarkkuudella kohteessa paikallaan olevia. Karmeihin ja puitteisiin ei puututtu tarkemmin, mutta niiden sijainti ja puitteiden yleisilme saatiin jokseenkin jäljiteltä 3D-muotoisen mittausaineiston ja valokuvien pohjalta.

Esimerkki-ikkunan leveys pohjapiirustuksessa oli 2 750 mm ja vanhoista leikkauspiirustuksista saatu ikkunan korkeus puolestaan 1 750 mm. Pistepilvestä tuotetun mallin perusteella ikkunan koko oli 2 670 x 1 670 mm, joten mitoissa oli eroa 80 mm sekä pysty- että vaakasuunnassa. Erot johtuivat todennäköisesti siitä, että pohja ja leikkauspiirustuksissa oli ilmoitettu aukkomitat, kun taas laserskannatun ikkunan koko oli määritetty puitteiden mukaan ulkopuolisten mittausten perusteella, jolloin ikkunan tarkan koon määrittämistä ovat hankaloittaneet mm. listoitukset ja ikkunoiden väliset paneeloinnit. Ikkunan koko olisi hyvä tarkistaa käsin mittaamalla, jolloin samalla voidaan myös varmistaa sen alareunan korkeus lattiapinnasta.



Kuva 30. Esimerkki ikkunasta, josta ylimpänä pistepilvestä *Real-Works Surveyllä* tehty malli, keskimmäisenä *Revit Architecture*n inventointimalliobjekti ja alimpana valokuva.

Ulko-ovien ja yleensäkin ovien mittaaminen takymetriä apuna käyttäen oli osoittautunut melko haastavaksi tehtäväksi. Tästä johtuen ovista oli mitattu paikoilleen vain muutamia. Näin ollen ovien koot ja sijainnit määriteltiin hyvin pitkälti vanhoista piirustuksista. Ulko-ovien yleisilme pyrittiin kuitenkin kopiomaan karkealla tarkkuudella valokuvaan poh-

jautuen. Ovet on ikkunoiden tapaan hyvä mitata myös käsin ja samalla kirjataan ylös oven kätisyys ja aukeamissuunta.

Inventointimalliin ikkunat ja ovet on todennäköisesti järkevintä mallintaa niiden asennusaukon mittojen mukaisesti jos vain mahdollista, sillä ne ovat ratkaisevimmat mittatiedot ikkunoiden tai ovien vaihtoa suunniteltaessa. Toisaalta etenkin säilytettävien ovien osalta on tärkeää tietää niiden vapaiden kulkuaukkojen mitat, jotta voidaan suunnitella remontin sekä tulevan käytön aikaisia kulkureittejä rakennuksessa.

7.5 Vesikatot

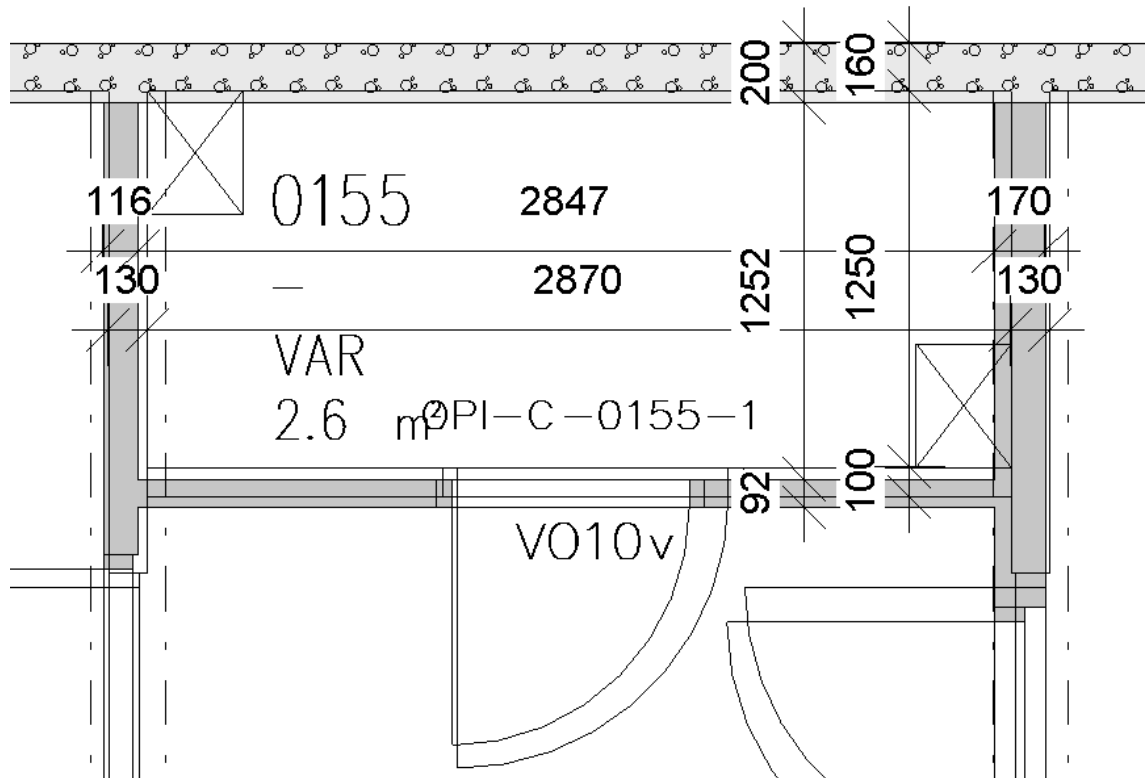
Vesikaton mallinnus suoritettiin hyvin karkeasti leikkauspiirustuksista saadun tiedon pohjalta. Katolla ei tehty mitään mittauksia, ainoastaan katon yläpinnan korkeusasema kävi ilmi pistepilvestä. Tästä johtuen vesikaton kallistukset sekä kaikki vesikattovarusteet jätettiin mallintamatta. Myöskään Senaatti-kiinteistöjen ohjeistus ei yleisesti vaadi vesikaton sisällyttämistä inventointimalliin. Jos vesikatolla suoritetaan mittauksia, vesikaton varusteet voidaan merkitä malliin esimerkiksi 2D-symbolein, jos tarvittavia 3D-komponentteja ei ole saatavilla.

7.6 Tilan jako-osat, tilapinnat ja muut tilaosat

Ohjeistuksen mukaisesti tilat mallinnettiin tilaobjekteina käyttäen *Revitin Room*-työkalua. Tilojen tunnukset ja nimet saatiin vanhoista CAD-pohjapiirustuksista. Tilojen nimet tuntuivat vastaavan hyvin tilojen nykyisiä käyttötarkoituksia, joten niiden osalta muutoksia ei tarvinnut tehdä. *Room*-työkalulla mallinnusohjelma laski itse tilojen pinta-alat ympäröivien seinien mukaisesti ja tiedot kirjautuivat automaattisesti kuhunkin tilatunnisteeseen. Joitakin huoneita täytyi erottaa toisistaan *Room Separation Line* -työkalulla, kun varsinaisia tiloja jakavia seiniä ei ollut.

Inventointimalliin sisällytettiin kevyet väliseinät, vaikka niiden mallintamista Senaatti-kiinteistöjen ohjeistus ei vaadikaan. Kevyiden seinien mallintaminen kuitenkin helpotti tilojen määrittämistä, sillä ohjeistuksen mukaan kaikki olemassa olevat tilat tulee mallintaa. *Revitissä* tilat oli mahdollista erottaa toisistaan myös erillisellä tilanjako-työkalulla, mutta väliseinien mallintaminen tuntui luontevammalta vaihtoehdolta. Myös väliovet sekä väliseinien ikkunat mallinnettiin, koska ne oli esitetty pohjapiirustuksissa. Väliovien ja sisäikkunoiden mittoja ei kuitenkaan tarkistettu muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta, mutta niiden olemassaolo sekä ovien kätisyys ja aukeamissuunta tarkistettiin valokuvista.

Väliseinien sijainnissa ja vahvuuksissa oli jonkin verran eroavaisuuksia mittausten ja CAD-pohjapiirustusten välillä. Samoin väliovien mitoissa, sijainneissa ja kätisyyksissä oli paikoin eroja. Joitakin väliseiniä ovineen myös puuttui vanhoista pohjapiirustuksista tai vastaavasti niissä esiintyneitä seiniä ei todellisuudessa ollut enää olemassa.



Kuva 31. Verrattaessa mittausaineistoa ja pohjapiirustusta, huomataan eroavaisuuksia väliseinien sijainneissa ja vahvuuksissa

Muutamasta tilasta mallinnettiin kokeilumielessä myös alakattoja ja koteloiteja, koska ne olivat esitettyinä pistepilvestä tuotetussa mallissa. Joidenkin koteloiteiden mallintaminen *Revitillä* osoittautui yllättävän haasteelliseksi. Niiden mallintamisessa jouduttiin käyttämään seinä-, alakatto- ja massoittelutyökaluja. Pystyosat saatiin mallinnettua seinätyökalulla, vaakasuorat osat mallinnettiin alakattoina ja massoittelua käytettiin vinoissa osissa. Monimutkaiset kotelot olisi varmasti ollut helpointa mallintaa pelkkinä massoina.



Kuva 32. Valokuva ja vastaava mallinnos koteloinneista

Hormit mallinnettiin vanhojen piirustusten mukaisesti, vaikkakin Senaatti-kiinteistöjen ohjeistuksen mukaan muut tilaosat sisällytetään inventointimalliin vain, jos asiasta on erikseen sovittu. Hormeille oli kuitenkin vanhoissa pohjapiirustuksissa annettu omat tilatunnisteensa, joten niiden mallintamista voitiin pitää välttämättömänä, sillä kaikki tilat täytyi mallintaa. Hormien mallintamisessa käytettiin seinätyökalua.

Kiintokalusteita, varusteita ja laitteita ei yleisesti vaadita mallinnettavaksi, mutta esimerkiksi WC-istuimet, vesipisteet ja lattiakaivot on usein tarpeen esittää mallissa edes 2D-symboleilla. Myös muiden säilytettävien tilaosien mallintaminen helpottaa tilankäytön suunnittelua.

8 TULOKSET JA POHDINTA

Rakennuksen dokumentointi on monivaiheinen prosessi ja parhaan lopputuloksen aikaansaamiseksi kohteesta olisi hyvä olla käytettävissä mahdollisimman monipuoliset ja kattavat lähtötiedot. Malliin jää todennäköisesti puutteita, jos se tehdään pelkkien vanhojen asiakirjojen pohjalta tai vastaavasti ainoastaan mittausdataan perustuen. Laadukkaan ja todellisuutta vastaavan lopputuloksen aikaansaamiseksi kohteessa on suoritettava mittauksia, mieluiten siten että tulokset ovat käsiteltävissä sähköisessä muodossa. Vanhoja asiakirjoja voidaan käyttää materiaalien ja ainevahvuuksien selvittämiseen, jos ne halutaan dokumentoida. Rakenteita voidaan myös avata niiden todellisen kunnon ja materiaalikerroksien selvittämiseksi. Kohteen kattava valokuvaus on myös erittäin tärkeää. Järjestelmällisesti valokuvattu kohde ja hyvä mittausaineisto ovat jo melko kattava materiaalikokonaisuus mallin aikaansaamiseksi.

8.1 Korjauskohteen tietomallintamisen hyödyt ja mahdolliset ongelmat

Korjauskohteen tietomallintamisella saavutetaan monia etuja perinteiseen tasopiirustuksiin perustuvaan suunnitteluun verrattuna. Silloin kun inventointimalli tehdään kohteessa suoritettuihin mittauksiin perustuen, voidaan varmistaa että korjaus- ja muutostöitä suunniteltaessa käytettävissä on todelliset mittatiedot. Tämä on erityisen tärkeää suunniteltaessa esimerkiksi kohteeseen tulevia talotekniikka-asennuksia. Tietomalleja hyödyntäen voidaan suorittaa eri suunnittelualojen suunnitelmien välisiä törmäystarkasteluja. Törmäystarkasteluissa ongelmakohdat ja suunnitelmien puutteellisuudet havaitaan ajoissa ja ne saadaan korjattua ennen työmaavaihetta.

Todellisiin mittoihin perustuvasta inventointimallista saadaan tarkkoja pinta-ala- ja määrätietoja kustannuslaskentaa varten, mikä nopeuttaa laskelmien suorittamista. Laskelmia voidaan myös pitää luotettavampina huolimattomuusvirheiden vähentyessä. Tietomalleja voidaan hyödyntää lisäksi erilaisten simulaatioiden ja olosuhdeanalyysien muodossa, mikä edesauttaa muun muassa erilaisten energiaa säästävien korjausratkaisujen suunnittelussa ja vertailussa. Kolmiulotteisesti tarkasteltuna korjaus- ja muutostöiden suunnittelu sekä tulevien muutosten aiheuttamat vaikutukset ovat helpompia hahmottaa.

Vanhoista rakennuksista olemassa oleva tieto on yleensä hajallaan erilaisten dokumenttien muodossa. Tehtäessä rakennuksesta inventointimalli, hajallaan oleva tieto saadaan koottua yhteen paikkaan, jolloin kulloinkin tarvittavat tiedot ovat helposti löydettävissä. Malliin voidaan myös liittää rakennusosien historia- tai kuntotutkimustietoa.

Inventointimallin saattaminen hyvin tarkalle tasolle saattaa useimmissa kohteissa olla täysin turhaa ja viedä liian kauan aikaa. Varsinkin pienissä ja rakennushistoriallisesti ”arvottomissa” korjauskohteissa on syytä miettiä, tuoko mallin tekeminen kohteelle minkäänlaista lisäarvoa, vai onko korjaussuunnitelman laatiminen perinteisellä tavalla 2D-piirroksia tuottamalla taloudellisesti ja tulevaisuuden käytön kannalta järkevämpää.

Tietotekniikan kehittyessä kasvavaa vauhtia, mieleen nousee väkisinkin epäilyksiä siitä, että ovatko nyt tehtävät tietomallit todella käyttökelpoisia vielä 20, 50 tai jopa 100 vuoden kuluttua. Tuskinpa. Miten siis tänä päivänä tehtävien tietomallien, joiden pitäisi toimia koko rakennuksen elinkaaren aikaisten tietojen tallennuspaikkana, käy tulevaisuudessa? Rakennusalan tietomallinnusohjelmistot ovat kuitenkin vielä tässä vaiheessa ns. lapsenkengissä, joten ne tulevat taatusti kehittymään jo lähitulevaisuudessa huomattavasti nykyisistä, sillä joka vuosi julkaistaan uusia ohjelmistoversioita uusine ominaisuuksineen. Toivoo vain sopii, että tietomallinnusohjelmistojen tuottajat todella huomioivat mallien elinkaariajattelun, ja että tehdyt mallit olisivat vielä avattavissa ja muokattavissa myöhemminkin, silloin kun niitä oikeasti tullaan tulevaisuuden korjaus- ja muutostöitä suunniteltaessa tarvitsemaan.

8.2 Senaatti-kiinteistöjen ohjeen käyttökelpoisuus

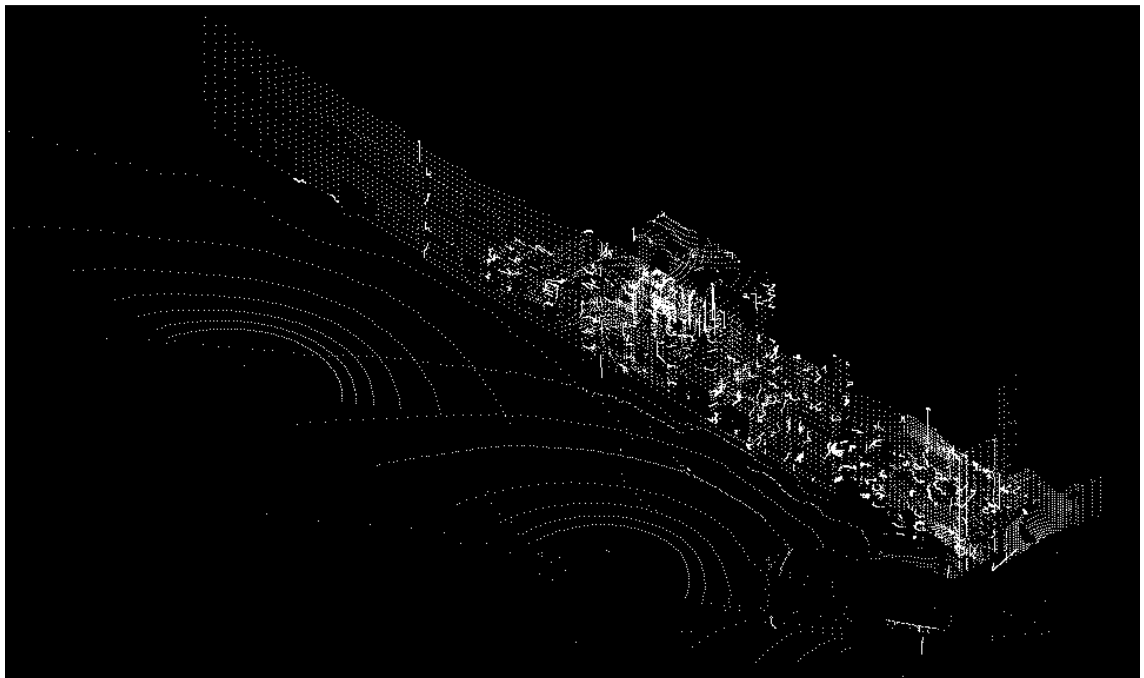
Senaatti-kiinteistöjen inventointimalleja koskeva ohjeistus on ainakin vielä tässä vaiheessa hyvin yleisellä tasolla. Tietomallivaatimukset määrittelevät oikeastaan vain mallin sisällön vähimmäisvaatimukset. Nämä voidaan tiivistää karkeasti siten, että inventointimalliin on mallinnettava tontti sekä kaikki rakennuksen tilat ja kantavat rakenteet ainakin näkyviltä osin sekä rakenteiden aukotukset. Hyvänä puolena ohjeistuksessa on se, että se antaa melko vapaat kädet mallintamisen suhteen eikä ohjeistus aiheuta ohjelmistorajoitteisia ongelmia.

Korjauskohteiden mallintamisesta on vielä melko vähän kokemusta, kuten mallintamisesta yleensäkin rakennusalalla. Tästä varmaan johtuukin Senaatti-kiinteistöjen ohjeistuksen tämän hetkinen karkea taso. Korjausrakennushankkeet ovat kuitenkin hyvin yksilöllisiä, joten kaikkiin kohteisiin soveltuvaa kattavaa ohjeistusta on oikeastaan mahdotonta luoda. Myös mallinnusohjelmistoissa on paljon eroavaisuuksia, joten samat ohjeet eivät välttämättä sovellu kaikille ohjelmistoille.

8.3 3D-mittausaineiston hyödynnettävyys

Mahdollisuudet laserskannauksen tuloksena syntyvän pistepilven hyödyntämiseen ovat vielä tässä vaiheessa harmittavan vähäiset. Uusimmilla skannereilla saadaan tuotettua todella tarkkaa mittausaineistoa, mutta sen jatkokäsittelyyn tarkoitetut ohjelmistot eivät vielä ole riittävän kehittyneitä, jotta mittausdatasta saataisiin kaikki hyöty irti. Pistepilven käsitteleminen AutoCADissa ei ole kovin mielekästä, sillä ainakin suurempien pistepilvien pyörittäminen sillä on raskasta ja hidasta. Nimenomaan pistepilvien tarkasteluun ja käsittelyyn suunnitellut ohjelmistot ovat huomattavasti tehokkaampia käsittelemään suurta pistetietomäärää.

Tässä tapauksessa käytettävissä ollut pistepilvi oli hyvin harvaa, joten sen käsittely oli hankalaa. Tiheämmästä pistepilvestä rakennusosat olisivat paljon helpommin havaittavissa ja sen avulla saataisiin parempi mittatarkkuus. Tuottamalla tarkempaa ja tiheämpää pistepilveä, skannaukseen olisi kuitenkin kulunut turhan kauan aikaa käytettävissä olleella laitteistolla. Varsinkin silloin kun pistepilven jatkokäsittelyn suorittaa joku toinen kuin mittaukset suorittanut henkilö, pistepilven tulisi olla huomattavasti tarkempaa, jotta siitä saa selville mitä ollaan mallintamassa. Seuraavista kuvista käy ilmi käytettävissä olleen pistepilviaineiston ja hyvän pistepilvimateriaalin välinen tarkkuusero.



Kuva 33. Käytettävissä ollut pistepilvimateriaali



Kuva 34. Tarkkuustasoltaan huippuluokkaa olevaa pistepilviaineistoa, kuva: © Sillman Digital Oy

Pistepilven avulla saadaan selville rakenteiden todelliset mitat, kun eri tiloista tuotetut pistepilvet yhdistetään keskenään. Vastaavasti käsin tehtävissä mittauksissa esimerkiksi seinien paksuuksien määrittäminen on melko hankalaa ja käytännössä lähes mahdotonta, silloin kun seinässä ei ole minkäänlaista aukkoa. Valitettavasti valtaosa mallinnusohjelmistoista ei osaa lukea pistepilviaineistoa, joten sitä ei voida sellaiseen hyödyntää mallia tehtäessä.

Pistepilven jatkokäsittelyssä mallintamisen lähtötiedoksi on useampia tapoja. Pistepilvi voidaan muokata suoraan rakennusosia kuvaaviksi pintamalli- ja solid-kappaleiksi ennen mallinnusohjelmaan siirtämistä, kuten tässä tapauksessa tehtiin. Kyseisessä menetelmässä hyöty jää kuitenkin melko vähäiseksi, jos kappaleet siirtyvät yhtenä ”möykynä” mallinnusohjelmaan eikä niitä voida käsitellä erillisinä komponentteina. Rakennusosat voidaan kuitenkin määrittää silmämääräisesti oikean kokoisiksi ja oikeille paikoilleen vertailemalla pistepilvestä tuotettua mallia varsinaiseen inventointimalliin 3D-näkymässä. Muokkaamalla pistepilviaineisto suoraan rakennuksen malliksi ja siirtämällä malli sen jälkeen varsinaiseen mallinnusohjelmaan, kulutetaan turhaan aikaa, sillä mallintaminen joudutaan näin ollen suorittamaan tavallaan kahteen kertaan.

Vaihtoehtoisesti pistepilven avulla voidaan piirtää rakennuksesta mittatarkat pohja- ja leikkauspiirustukset, jotka siirretään mallinnusohjelmaan aputasoille ja joiden avulla

mallia lähdetään tuottamaan. Pohja- ja leikkauspiirrosten avulla saadaan selville rakennusosien mitat sekä oikeat sijainnit ja korkeusasemat. Tässä menetelmässä ongelmana on, että leikkauspiirroksia tarvitaan melko paljon ja aikaa kuluu jo pelkästään viivapiirroksien tuottamiseen. Varsinkin jos kyseessä on suuri ja monimuotoinen kohde, josta täytyy tuottaa kymmeniä piirroksia, jotta malli saadaan aikaiseksi, kyseinen tapa ei ehkä ole kaikista paras. Menetelmä on kuitenkin erittäin käyttökelpoinen rakennuksen pohjien ja julkisivujen mallintamisessa. Julkisivujen osalta on kuitenkin oltava tarkkana, että pistepilviaineisto on suoristettu täysin kohtisuoraksi piirtotasoa nähden, sillä muuten syntyy helposti heittoa mittatarkkuuteen.



Kuva 35. Julkisivukaavio piirrettynä pistepilven avulla, kuva: © Sillman Digital Oy

Inventointimalli voidaan tuottaa myös ottamalla tarvittavat mitat pistepilven käsittelyyn tarkoitettussa ohjelmistossa. Näiden ohjelmistojen avulla saadaan kohteesta otettua kaikki tarvittavat mitat niiden tilojen osalta, joissa keilaus on suoritettu, jos vain pistepilviaineisto on riittävän tarkkaa. Kohteesta saadaan selville myös todelliseen maailmankoordinaatistoon sidotut korkeusasemat. Tällaisten pistepilvimateriaalin käsittelyyn tarkoitettujen ohjelmistojen hyödyntäminen on erittäin käytännöllistä juuri korkeusasematietojen selvittämisessä sekä muun muassa huonetilojen korkeuksien ja sellaisten rakennusosien sijaintien tarkistamisessa, jotka eivät selviä esimerkiksi pistepilvestä tuotetuista pohjapiirroksista. Tällaisia voivat olla esimerkiksi välioivet. Ohjelmistojen avulla pystytään myös tarkastelemaan rakennusta kokonaisvaltaisesti, kun siihen tuodaan kaikki tarvittava pistepilviaineisto.

Valmista inventointimallia voidaan vielä vertailla pistepilviaineistoon ja näin tarkastaa, että malli todella vastaa mittausaineistoa. Tähän tarkoitukseen on kehitetty muun mu-

assa *Autodesk NavisWorks* -ohjelmisto. Inventointimalli tuodaan ohjelmistoon IFC-muodossa ja siirretään pistepilven kanssa päällekkäin. Aineistoja voidaan tällä tavoin vertailla 3D-muodossa ja niistä saadaan otettua leikkauksia halutusta kohdasta.

LÄHTEET

1. Kankainen, Jouko – Junnonen, Juha-Matti, *Rakennuttaminen*. 2. tarkistettu painos. Tampere: Rakennustieto Oy. 2004.
2. Niemioja, Seppo, *Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu* [verkkodokumentti, PDF]. Pro-IT. 3. painos, elokuu 2005 [viitattu 14.6.2010].
Saataavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>
3. Karstila, Kari, *Rakennusten tuotemallintamisen sanasto* [verkkodokumentti, PDF]. Pro-IT. Julkaisuaika tuntematon [viitattu 14.6.2010].
Saataavissa: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/>
4. Wikipedia, IFC [verkkodokumentti]. 10.4.2010 [viitattu 14.6.2010].
Saataavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/IFC>
5. Vainio, Terttu ym. *Korjausrakentaminen 2000–2010* [verkkodokumentti, PDF]. VTT. 2002 [viitattu 30.9.2010].
Saataavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2154.pdf>
6. Korjausrakentamisen tila ja tulevaisuus meillä ja muualla [verkkodokumentti]. Kiinteistölehti 4/2009. Viitattu [30.9.2010].
Saataavissa: <http://www.kiinteistolehti.fi/artikkelit/?id=655>
7. Valtion ympäristöhallinto, Korjausrakentamisen strategia [verkkodokumentti]. Päivitetty 31.12.2009 [viitattu 30.9.2010]. Etusivu > Maankäyttö ja rakentaminen > Ohjelmat ja strategiat > Korjausrakentamisen strategia.
Saataavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=219414&lan=fi>
8. ArkSystems Oy, Tarkempia tietomalleja, vähemmän riskejä - Tietomalli sopii korjausrakentamiseen [verkkodokumentti]. 22.4.2009 [viitattu 3.8.2010]. Etusivu > Uutisarkisto. Saataavissa: <http://www.arksystems.fi/uutinen-090422-1.htm>
9. Senaatti-kiinteistöt [verkkodokumentti]. Julkaisuaika tuntematon [viitattu 15.5.2010]. Etusivu > Toiminta. Saataavissa: <http://www.senaatti.com>

10. Senaatti-kiinteistöt, *Tietomallivaatimukset 2007, Osa 2: Lähtötilanteen mallinnus* [verkkodokumentti, PDF]. 14.9.2007 [viitattu 3.8.2010]. Saatavissa: http://www.senaatti.com/tiedostot/Tietomalli_2007_Osa2_Lahtotilanne.pdf
11. Freese, Simo – Penttilä, Hannu – Rajala, Marko, *Arvorakennusten korjaushankkeet ja tuotemallintaminen* [verkkodokumentti, PDF]. 22.4.2007 [viitattu 14.6.2010]. Saatavissa: <http://arkit.tkk.fi/senaatti/index.htm>
12. Ilvonen, Katri, *Laserkeilauksen hyödyntäminen infrarakentamisessa*. Insinöörityö. Metropolia: Rakennustekniikan osasto, Ympäristörakentaminen. 2008.